



EESTI MAAÜLIKOOL
Tehnikainstituut

Magnus Kuusik

**UTILISEERITUD SÕIDUKITE HÄVITAMISEKS
KASUTATAVATE METALLIPURUSTITE UURIMUS**

RESEARCH OF METAL CRUSHERS USED TO DESTROYED UTILIZED
VEHICLES

Bakalaureusetöö

Tehnika ja tehnoloogia õppekava

Juhendaja: Lektor Lemmik Käis, MSc

Tartu 2021



Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 56, Tartu 51014		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Magnus Kuusik		Õppekava: Tehnika ja tehnoloogia	
Pealkiri: Utiliseeritud sõidukite hävitamiseks kasutatavate metallipurustite uurimus			
Lehekülgi: 41	Jooniseid: 19	Tabeleid: 13	Lisasid: 1
<p>Osakond: Biomajandustehnoloogiate õppetool</p> <p>Uurimisvaldkond:</p> <p>CERCS: 5. TEHNIKATEADUSED T130 Tootmistehnoloogia</p> <p>ETIS: 4. Loodusteadused ja tehnika 4.14. Tootmistehnika ja tootmisjuhtimine</p> <p>Juhendaja: Lemmik Käis, <i>MSc</i></p> <p>Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, 2021</p>			
<p>Antud teema on pidevalt aktuaalne, uusi autosi tuleb pidevalt juurde ja utiliseeritud autosi tuleb pidevalt juured, seega on vaja leida uusi lahendusi metallipurustitel, mida on võimalik kasutada utiliseeritud sõidukite hävitamiseks. Antud töö eesmärk on : lõiketeooria uurimine, kasutades <i>Solid Edge 2021</i> joonestusprogrammi koostad 3D võllikonstruktsioon, olemasolevate seadme ja patendi uuring, mille järel teostati statistiline uurimus EspaceNet'i kohta. Töö käigus uuriti erinevaid allikaid, mille põhjal oli võimalik teostada tugevusarvutusi. Töö tulemusena projekteeriti võllikonstruktsioon. Töö edasised etapid on võllikonstruktsiooni edasine arendamine ja tugevusarvutuste juurde lisamine.</p>			
sMärksõnad: EspaceNet, võllikonstruktsioon, 3D mudel, lõiketeooria			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 56, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Magnus Kuusik		Speciality: Engineering	
Title: Research of metal crushers used to destroyed utilized vehicles			
Pages: 41	Figures: 19	Tables: 13	Appendixes: 1
Department / Chair: Chair of Biosystem Engineering Field of research: CERCS: 5. TECHNOLOGICAL SCIENCES T130 Production technology ETIS: 4. Natural Sciences and Engineering 4.14. Industrial Engineering and Management Supervisors: Lemmik Käis, <i>MSc</i> Place and date: Tartu, 2021			
<p>This issue is constantly relevant, new cars are made always and old utilized cars growth is constant, so new solutions needed to be found on metal shredders that can be used to dispose of utilized vehicles. The aim of this work is: research of cutting theory, creation of a 3D shaft construction indrawing program Solid Edge 2021, research of 3 existing devices and patents, which is performed as a statistical research on EspaceNet. In the course of the work, various sources were studied, which helped to perform strength calculations. The work shows the designed shaft structure. The further stages of the work are the further development of the shaft design and its addition to the strength calculations.</p>			
Keywords: EspaceNet, 3D model, shaft constuction, cutting theory			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	6
1.1. Utiliseeritud autode direktiivid	6
1.1.1. Direktiivid Eestis	6
1.1.2. Direktiivid Euroopas.....	7
1.2. Metalipurustite otstarbeline vajalikkus ja kasutus.....	8
1.3. Lõiketooria.....	9
2. MATERJAL JA METOODIKA.....	14
2.1. Patentide tehnikataseme uurimus	14
2.1.1. Patent US3266413A	14
2.1.2. Patent US5655443A	17
2.1.3. Patent CN112206892A.....	19
2.2. Espacenet statistika uurimus.....	22
2.3. Olemasolevate seadmete uurimine	25
2.3.1. Autopurusti SHREDWELL MS seeria.....	25
2.3.2. Autopurusti FRANZOI TF500	27
2.3.3. Autopurusti HAMMEL VB seeria	28
2.4 Purusmasina lõikeketta lahendusettepanekud	30
2.4.1 Lahendusettepaneku tingimused.....	30
2.4.2 Lahendusettepanekute genereerimine.....	30
2.4.3. Lahendusettepanekute hindamine.....	33
3. TULEMUSED	35
3.1. Purustusmasina purustusosise konstrueerimine.....	35
3.2. Lõikeketta tugevusarvutused	37
KOKKUVÕTE	43
KASUTATUD KIRJANDUS.....	45
LISAD	47
Lisa 1. Tehnilised joonised.....	48

SISSEJUHATUS

„Kui sõiduk on hoovis/tänaval „sambla alla kasvamas“ või pikast kasutamisest sõiduki elupäevad läbi saamas, siis tuleb leida lahendus, mida sellise romosõidukiga teha. Kui võõradatakse sõiduk, siis ei arvestata, et romusõidukite puhul on tegemist ohtlike jäätmetega ja masin tuleb anda isikule, kellel on olemas vastav keskkonnakaitse luba“.[1]

Antud bakalaureusetöö teema on pidevalt aktuaalne. Uusi autosi valmistakse pidevalt juurde, ja vanade masinate hävitamiseks on vaja tuua uusi tehnilisi lahendusi. Lahenduseks võib olla uute ja võimekamate metallipurustite loomine.

Tänapäeval on täiesti tavaline, et igal perel on vähemalt 1 auto, aga on mitmeid peresi, kus on rohkem, kui üks auto. Mida teha enda autoga mis on vana ja katkine? Selleks, et midagi oma vana ja utiliseeritud autoga teha, tuleks see viia töökohta, kus tegeletakse utiliseeritud autode purustamisega.

Bakalaureuse töö eesmärgiks on teostada uurimustöö utiliseeritud sõidukite purustamiseks ettenähtud masinatest ja töömasina purustusosa konstruktsioonist. Koostada saadud teadmiste põhjal purustusmasina võllikonstruktsiooni ruumiline mudel ja teha tugevus arvutusi konstrueeritud võlliga.

Eesmärgi saavutamiseks on püstitaud mimeid erinevaid ülesandeid:

- Uurimus löiketeeoriast, millel põhineb metallipurustite löikeprotsess;
- Utiliseeritud sõidukite purustite uurimiseks kasutatakse vaatluspõhist uurimust (patentide ja olemasolevate seadmete uurimine);
- Patentide uurimine sisaldab endast kolme erineva patendi uurimist, viies läbi tehnikataseme uurimus;
- Lisaks patentide uuringule viidi läbi ka statistiline uurimus *EspaceNet'is*
- Olemasolevate seadmet uurimus, millised on antud masina eelised, tuua välja spetsifikatsioonid ning kokkuvõtlik masina tööpõhimõtet kirjeldus;
- Koostati purustsuorgani löikeketta lahendus ettepanekud, ja valiti parim lahendus;
- Purustusmasina purustusorgani prototüübi konstrueerimisel kasutati *Solid Edge 2021* joonestustarkvara;
- Konstrueeritud prototüübi kohta teostati vastavad löikeketta tugevusarvutused.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Utiliseeritud autode direktiivid

Uriti Euroopa ja Eestis olevate utiliseeritud sõidukite direktiive.

1.1.1. Direktiivid Eestis

Mootorsõiduki tootja on isik, kes olenemat müümise viisist toodab mootorsõidukeid või impordib neid Eestisse professionaalsel alusel. Muret tekitavad tooted on sellised tooted, mille põhjustavad või võivad põhjustada keskkonnareostusi, -häireid, -ohtusi või terviseohtusi. Utiliseeritud sõidukite puhul murettekitavateks toodeteks on: vrehvid, akud, elektri- ja elektroonikaseadmed ning põllumajanduslik plast. [2]

Jäätmeseaduse kohaselt on tootja kohustatud tagama turule lastud toote taaskasutamise, jäätmete kogumise või ringlussevõtu, lisaks nendele on tootja kohustus anda piisavat garantiid. Garantiiks võib olla: kollektiivsüsteemides osalemine, ringlusessvõtu kindlustus või ka suletud pangakonto. Kõikidele sõidukitele, mis on tulnud turule enne 1.jaanuari 2005 on tootjatel kohustus neid koguda ja töödelda. [2]

Eestis minimaalseks nõudeks on see, et kogumine ja tagasivõtmine tuleb korraldada selliselt, et igas maakonnas oleks vähemal üks kogumiskoht. Sõiduki elektrooniliseks registreerimiseks on vajalik esitada liiklusregistrile hävitamistõend. Siis, kui hävitamistõend on kantud liiklusregistrisse kustutakse sõiduk registrist. Tootjatel on kohustus esitada iga turule väljastatud uue sõidukitüübi demonteerimisteave kuue kuu jooksul pärast sõiduki turule laskmist. [2]

Keelatud on turustad järgmisi aineid sisaldavaid sõidukeid või nende osasid: [2]

- 1) üle 0,1 massiprotsendi elavhõbedat või selle ühendeid;
- 2) üle 0,01 massiprotsendi kaadmiumi või selle ühendeid;
- 3) üle 0.1 massiprotsendi heksavalentseid kroomiühendeid;
- 4) üle 0.1 massiprotsendi pliid või selle ühendeid.

Käitluskohtadele ja kogumiskohtadele on ette nähtud kindlad nõuded. Kogumiskohtades k.a. ladustamiskohtades peab olema piirdeaiad, 24-tunnine kaitse, juhtimisvahendid, mitteläbilaskvad pinnad ja lekke kogumisvõimalused ning vajaduse korral dekanterid ja puhastusvahendid. Lisaks kõigele eelnevale on vaja töötlemiskohas kaale, lahti võetud varuosade ja ohtlike jäätmete hoidlaid, mahuteid akude, filtrite, kondensaatorite ja muid ohtlike jäätmeid sisaldavate PCB-de ja PCT-de hoidmiseks, vedelike ja gaaside mahutid, rehvide jaoks hoidlad ja muud seadmed, mis on mõeldud kergestisüttivate osade jaoks ja seadmed reovee puhastamiseks. Tööstusrajatistel on kohustuslik omada jäätmeluba ja ohtlike jäätmete käitluslitsentsi. [2]

1.1.2. Direktiivid Euroopas

Praegusel ajal on kasutusel ligikaudu 9 miljonit utiliseerimise äärel olevat sõidukit. Nendest sõidukitest umbes 25 protsenti läheb prügimäele. Mitmed autotootjad on loonud vabatahtlikud programmid, aga ükski pole nii hea, kui on Saksamaa ja Norra poolt pakutavad taastamis protsendid.[3]

Alates aastast 1998. kui ajakohastati vastuvõtu jaamad ja ringlussevõtu tehased loodi Saksamaal utiliseeritud sõidukitele infrastruktuur. Täna sel päeval koosneb antud võrgustik umbes 1400 akrediteeritud ringlussevõtu tehase ja ligikaudu 15000 akrediteeritud vastuvõtujaamast. Pikemas perspektiivis võiks eeldada, et autotööstus võtab võimaluse ja korraldab kogu ringlussevõtu süsteemi ise. Alternatiivse lahendusena autotööstusel on sertifitseeritud autolammutusettevõtted, kes tegutsevad AS-i lepingupartneritena. [3]

Autotööstustes on mitmeid aastaid juba tegeletud keskkonnaprobleemide ja -küsimustega. Kõikidel toodetel on kindel elutsüklus, alustades toote kujundamisest kuni kasutamise ja kõrvaldamiseni, kogu elutsüklus mõjutab keskkonda. Selle tagajärjel on rangete Euroopa keskkonnavalaste direktiivide kasutamine vajalik. Olulist rolli mängivad ka klientide ja muu teadlikkuse kasv. Oma ostudega mõjutatakse üha enam ettevõtteid keskkonnategevustega või toodete keskkonnamõju. [3]

Autotööstuses on kolm olulist keskkonnaprobleemi, millega tuleb silmitsi seista, ringlussevõtt, taaskasutamine ja korduvkasutamine. 2000. aastal võttis Euroopa Parlament

vastu sõiduautode direktiivi. Direktiivis täheldati, et tootjad peavad ise vastutama vanade sõidukite ringlussevõtu ja jäätmete kõrvaldamise eest. [3]

1. aprillil 1998 sai seaduseks seadmestik, kus kehtestati jäätmete kõrvaldamiseks tehnilised miinimumnõuded. Antud seaduste eesmärk oli kehtestada põhistandardid, mida peavad ettevõtted järgima see puudutab eelkõige järgnevat: [3]

- kuivendamise ja dekonstrueerimise meetmed;
- kindlate osade eemaldamine (soovitusena);
- eemaldatud osade ja erinevate võetud vedelike lisamine tasakaalustamiseks või ringlussevõtuks;
- 15 % utiliseeritud sõidukite kogukaalust lisamine taaskasutusse.

Leping valitsuse ja tööstusliitude vahel soovitas autotootjatel vähendada kahjulike materjalide hulka. Samuti on sõidukite tootjad kehtestanud Euroopa tasandil vabatahtliku sõidukite ringlussevõtu programmi ringlussevõtu ja arenduse autotööstuse konsortsiumi osana (ACORD). Sõiduautode haldamine hõlmab vabatahtlikke koostöömeeteid tööstuse jaoks. Juhul, kui kindel kaubanduse vabaduse piiramine on vältimatu, pandi paika all järgnevad eesmärgid: [3]

- ringlussevõtu võimekuse paranemine ehituses;
- materjalitsüklite väljatöötamine, loomine, optimeerimine ning taaskasutamine;
- autotootjatele antud taaskasutusnõuannete parandamine;
- utiliseeritud sõidukite kõrvaldamisel tekkinud jäätmete arv väheneb 2002. aastaks 15 %-ni ja 5 %-ni 2015. aastaks keskmiselt iga autotootja kohta;
- seadmete juhtimiseks seirearuandesüsteemi loomine;
- kvalifitseeritud kindlus, mitte vanemate kui 12 aastat vanade utiliseeritud sõidukite tasuta tagasi võtmine.

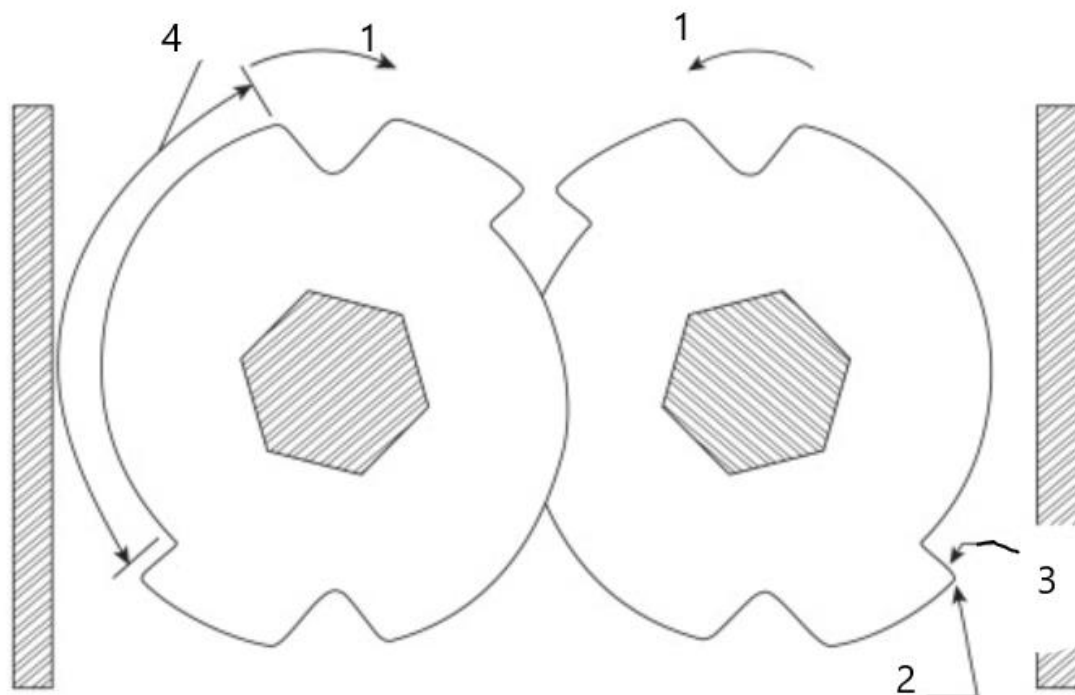
Autotootjad on nõustunud tagasi võtma utiliseeritud sõidukeid, mis on nende enda poolt valmistatud, turutingimustel ja nende suutlikkuse parandamiseks tooted ringlussevõtuks. On ka kokku lepitud, et teatud määratletud tingimustel, mis tahes kuni 12 aasta vanune sõiduk, mis registreeriti pärast utiliseeritud sõidukite määrust, võetakse tasuta tagasi. [3]

1.2. Metalipurustite otstarbeline vajalikkus ja kasutus

Metallipurustid on loodud selleks, et vähendada metallijääke, tehes metallijääkidest väiksema suurusega tükid. Metallipurusteid kasutatakse mitmes erinevas valdkonnas nt. Vanaraua tehastes, autotööstuses, terasetehastes, alumiiniumitehastes või mujal, kus on võimalik kasutada purustite tõhusust. Autotööstustes on metallipurustid väga vajalikud. Neid kasutatakse utiliseeritud sõidukite purustamiseks või kokku pressimiseks. Utiliseeritud sõidukite purustamine on üpris keskkonna sõbralik. Kuna kõik sõidukid mis purustatakse või pressitakse on võimalik hiljem panna metallisulatusahjudesse ja valmistada sulatatud metalli. Ilma purustamata pole sõidukeid võimalik metallisulatusahjudesse panna, kuna ahjud on üsna väikesed, siis ei mahu täis suuruses sõidukid ahjudesse. Kuna metallide taaskasutamine on keskkonnasõbralik, siis on ka sõidukite purustamine mingil määral keskkonnasõbralik. Selleks, et autode hävitamine oleks veel keskkonnasõbralikum eemaldatakse erinevad jupid, mis sisaldavad loodusele kahjulikke keemilisi aineid üheks suurimaks detailiks on aku, mis sisaldab suurel määral pliidi. Lisaks metallide purustamise kasulikkusele on see ka vajalik, et vähendada vanade ja katkiste autode hulka. Nende utiliseerimisega, me hoiame materjale kokku, kuna on võimalik kasutada purustatud sõidukitest sulatatud metalle uute metallist asjade (autod, tööriistad jt.) valmistamisel.

1.3. Lõiketeooria

Uurides erinevaid teaduslike allikaid kasutakse metallipurustite lõiketeooriana inglise keelsest sõna *Shearing theory*, mis on eesti keeles käärloikamine, mis on omakorda ligilähedaselt seotud lehtstantsimisega. All järgneval joonisel on näha lihtsustatud joonist kuidas toimub käärloikamine (joonis 1.). Võllid, millel on kinnitatud lõikekettad liiguvad vastassuunaliselt, metall läbib avasid ja see järel toimub purustusprotsess.



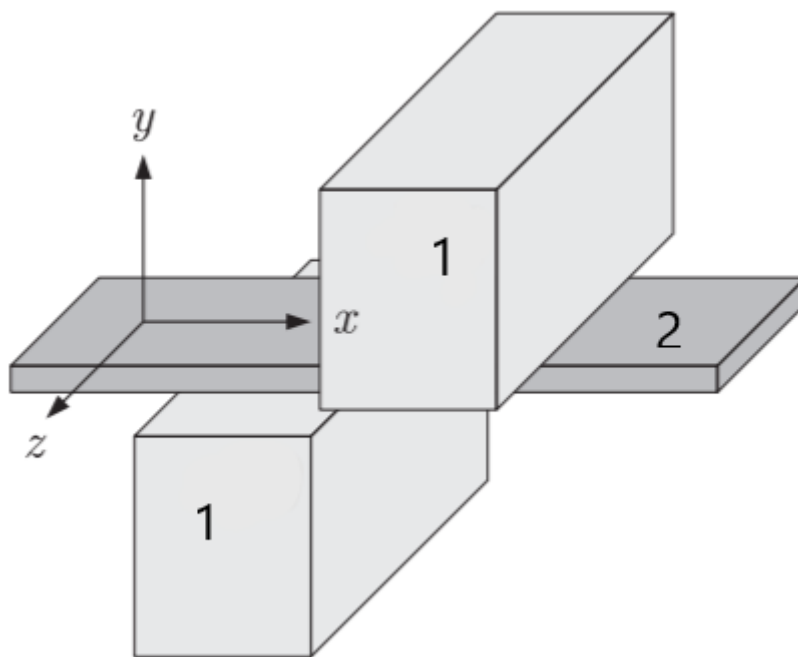
Joonis 1. Lõikeketaste toimimise lihtsustatud skeem (1- pöörlemissuund, 2- lõikenurk, 3- tugevast materjalist lõikepind, 4- perifeerne äär, mis teostab lõikamise). [4]

Lõikamiseprotsess on protsess, kus metallist eemaldatakse tükid rakendades piisavalt suurt jõudu. Kõige tavalisemad lõikeprotsessid viiakse läbi rakendades nihkejõudu, antud jõu rakendamisega nimetakse protsessi käärilõikamiseks. Piisavalt suurt nihkejõudu rakendades materjal annab järele, mistõttu lõikekohast materjal puruneb. Autotööstuses kasutavate purustite korral surutakse materjal lõikeketta abil vastu purusti seina, mille tagajärjel nihkejõud suurenevad ja toimub purustusprotsess. Kahe võlliliste purustite puhul toimub purustusprotsess lõikeketaste vahel. [5]

Käärilõikamine on mehaaniline protsess, mida enamasti kasutakse lehtmaterjali lõikamiseks. Kui lõikesevad puutuvad lehega kokku, siis algab lõikamiseprotsess, mille tagajärjel nihkepinged suurenevad ja lõpuks annab materjal järele. Olenevalt materjalide omadustest sõltub plastsus, mis omakorda sõltub läbitungimisest materjali ja seetõttu pragude tekkimise protsessi algus võib varieeruda. [6]

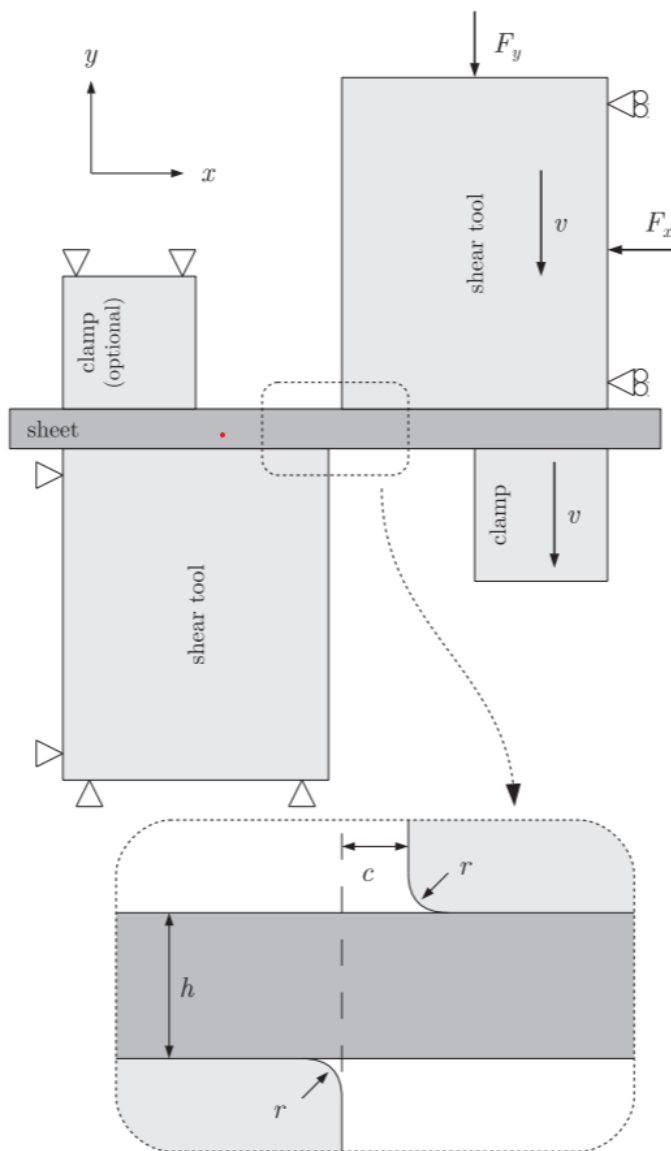
Kõige rohkem kasutakse käärilõikamist lehtmaterjali puhul ristkülikukujuliste detailide lõiketöötlemiseks. Detailid, mida lõike tulemusena väljalõigati, on tihti suurte tolerantsidega, seega on neid võimalik kasutada ilma, et oleks vajalik täiendavat töötlemist. Materjalide jääkide teke ja energiakulu on võrreldes laastude lõikamise ja sulatava

lõikamisega palju madalamad. Lõiketöös vajalikud töö tehakse olenevalt töö raskusest tavaliselt, kas käsitsi inimjõu abil, mehaaniliselt, pneumaatiliselt või hüdrauliliselt, milleks kasutakse masinate abi. Käsitsi ja pneumaatilist tööd kasutakse kõige rohkem, siis kui on vaja teha kergemaid käärlõikamisi. Mehaanilise ja hüdraulilise tööga on vastupidi, neid kasutakse, siis kui on vaja teha raskemaid käärlõikamisi. Võrreldes teiste lõikemeetoditega on mehaanisel käärlõikamisel suur tootlikkus.. Kuid hüdraulilise käärlõikamise eelisteks on nn. käärid, mis on üpris paindlikud ja kergesti reguleeritavad. [6]



Joonis 2. Käärlõikamise skeem koos kordinaatsüsteemiga (1- lõiketööriist, 2- metallileht) [6].

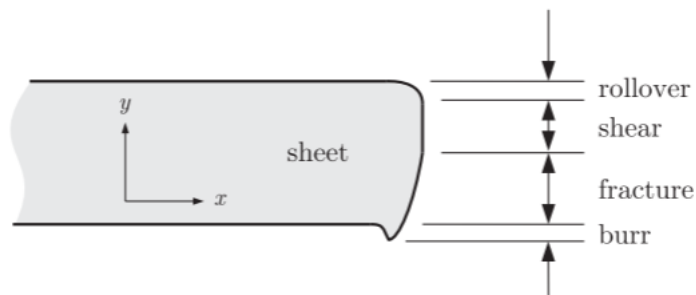
Käärlõikamise geomeetria on näidatud järgnevatel joonistel (2. ja 3.). Lehtmaterjali lõikamisel kasutakse kahte lõiketööriista, mille vahel metall asetseb ja takistamaks materjali nihkumist on see kinnitatud klambrite abil kinni. Määratud on lehtmaterjali geomeetrilised suurused: lehe paksus h , lõikeriista raadius r ja lõtk c . Laiade leheribade lõikamine hõlmab enamasti kaldenurka. Kaldenurkade kasutamist takistavateks teguriteks on see, et nurk piirab kontakti lõikepinnaga ja jõud ei ole nii suured, kui seda on ilma kaldenurkadeta. Mida rohkem on ruumiliste mõõtmetega jõude, seda suuremad on võimalused, et käärlõikamisel võib detail deformeeruda. Selleks, et minimaliseerida üle liigsete jõudude teket, on väga oluline, et klambrid oleksid võimalikult lõikeriista lähedal. [6]



Joonis 3. Nihke geomeetiline skeem koos piirtingimustega, Suurendatult on näidatud lehe paksus h , kliirens c ja tööriista raadius r . [6]

Üldiselt on lõikeserva geomeetria mõjutatud lõiketööriistadest. Lõigatud servadel on neli karakteristliku piirkonda: übermineku, nihke-, purunemise- ja ülestõstetud serva vöönd. Übermineku- ja nihketsoonid tekivad detaili plastilise deformatsiooni tagajärjel, sel hetkel kui lõiketeraga on läbistatud materjal. Ülestõstetud servade ja pragude teke on määratud pragude karakteristikust, murdumise hetkel. Suure tugevusega teraste käärlõikamisel on spetsiifiline väike nihkeala ja suur murdetsoon. Servade ja murdetsoonide olemus on segavaks faktoriks, kuna on vaja täiendavat töötlemist nt. tuleb eemaldada teravad servad, mis võivad masinaid kahjustada või isegi operaatorile vigastusi tekitada. Lõigatud servade

iseloomulikud tsoonid on alljärgneval joonisel vaadatavad (joonis 4.), näidatud on ümbermineku, nihke-, murde- ja ülestõstetud serva tsoonid. Põhilisena toimivad kõik defektid, mis tekivad hilisemates töötlusprotsessides pragude tekkimise kohana. Väljatöödatud on meetod, milles lõikamis järgselt hinnatakse detaili servade mikrostruktuuri erinevate analüüsides.[6]



Joonis 4. Metalllehe ristlõikes on näidatud lõigatud serva iseloomulikud tsoonid. [6]

Enamasti lõikeprotsessides on lõiketööriistade vahekauguse muutmine seotud metalli omaduste või lehe paksuse muutumisega. Vahekaugus ja klambrid avaldavad suurt mõju lõigatud servageomeetrialet. Ideaalses olukorras saab pragu alguse tööriista raadiusest ja laieneb lehtmaterjali sisemusse. Olenevalt murdetsooni suurusest on pragude levimisnurk ja lõiketööriista vahekaugus kohandatud selliselt, et praod kattuksid oma vahel. [6]

2. MATERJAL JA METOODIKA

2.1. Patentide tehnikataseme uurimus

Patentide uurimiseks kasutati tuntud patentide uurimise keskkonda *Espacenet*'i. *Espacenet* on tasuta kasutatav võrguteenus nii patentide kui ka patenditaotluste otsimiseks. *Espacenet*'i on välja töötanud Euroopa Patendiamet (EPO) koostöös Euroopa Patendiorganisatsiooni liikmesriikidega. 2015. aastal oli *Espacenet*'i ülemaailmsel teenusel enam kui 90 miljoni patendiväljaande dokumentatsiooni [7]

Antud bakalaureusetöö eesmärgist tulevevalt oli ülessandeks uurida erinevaid patente. Kuna autopurustite puhul oli väga palju patente pressimis meetodit kasutavate purustite kohta, siis uuriti ainult autopurustite kohta kahte patenti ja ühte patenti kahe võlliga metallipurusti kohta. Kirjeldati antud patentide olemust, mis on antud seadme tööpõhimõtte kuidas käib antud masinas autode utiliseerimine ja millistest detailidest koosneb. Lisaks kõigele eelnevale on kasutati *Espacenet*'i analüüsiks, mida viid läbi diagrammi põhimõttel. uuriti millised on erinevate sõna kombinatsioonide korral saadud vastete arv.

2.1.1. Patent US3266413A

Patent on mõeldud autokere purustamiseks, töö hõlbustamiseks on masinal pikk alus. Utiliseeritud sõidukid kujutavad endast suurt vanaraua allikat, mida on võimalik taaskasutada. Vanarauda on võimalik kasutada terase taaskasutamisel valmistades sellest uut terast. Vanametalli taaskasutavaks muutmiseks on välja loodud mitmeid erinevaid protsesse. Kuna antud protsessi jaoks mõeldud vajalikud masinad on väga suured ja rasked, seetõttu peab see asuma kindlas kohas nt. autoromulad. Kuna enamasti on vanametalli purustamise kulud võrdsed või materjali omaväärtusest suuremad, seega ei ole vanametalli tarnijal kasumisse võimalik jääda. Sellel põhjusel ei ole vanaraua omanikul motiivi vanarauda teisaldada, see toob oma korda kaasa nn. autode surnuaiad, sest ei ole ökonoomne transportida utiliseeritud sõidukeid töötlemisele. [8]

Vanaraua transpordikulud on määratud massi järgi. Selleks, et transpordikulud oleksid võimalikud väiksed, proovitakse autokeresid võimalikult kokku pressida. Selleks kasutakse kraanasid, millele on kinnitatud suure massiga raskused. Kraanaga tõstmine on aeganõudev ja väga kallis. On küll loodud suuri statsionaarseid seadmeid, mis on spetsiaalselt autokerede kokku pressimiseks mõeldud, aga kõik tuleb suurte lisakuludega.[8]

Eelnevalt mainitud tähelepanekuid arvestades on antud leiutise eesmärgiks luua uus ja ainulaadne purustusmasin, mis oleks tõhus ja võimalik kergesti transportida, selleks et hoida kokku lisa transpordi pealt. See võimaldab viia purusti sinna, kus on suurem kogus utiliseeritud sõidukeid ja neid hõlpsamini sealt ära transportida. Masina ehitamisel järgiti seaduseid, mille kohaselt, võib masina ehitada nii suureks, kui seda on avalikel maanteedel liikuvatel sõidukitel lubatud. [8]

Väga oluline roll on muljumisseadmete väljatöötamisel, mis võimaldab utiliseeritud sõidukitel liikuda läbi võimsate nn. hüdrauliliste „lõualuude“. Täiendustena on lisatud rammimismehhanism, mis töötleb auto kered kompaktsemateks ja ühe suurusteks. Sellega seoses on saadud auto mõõtmed: laiuselt 152,4-182,88 cm, kõrguselt 15,24 cm ja pikkus jääb samaks, mis oli masinal enne purustisse panekut. [8]

Antud masinaga eesmärki saavutamiseks püstita ülesande:

- töötada välja selline masin, mis kasutab töötamiseks eraldiseisvat jõuallikat;
- valmistada lihtsa ehitusega masin, et oleks võimalik ühel operaatoril mõne minutiga seadistada masinat või transportimiseks valmis panna;
- tuleb vähendada kulutusi, mis kulub auto töötlmiseks;
- valmistada selline masin, mida on võimalik juhtida ühe operaatori poolt, nii tõhusalt, et tunnis töödeldakse piisav hulk utiliseeritud sõidukeid.

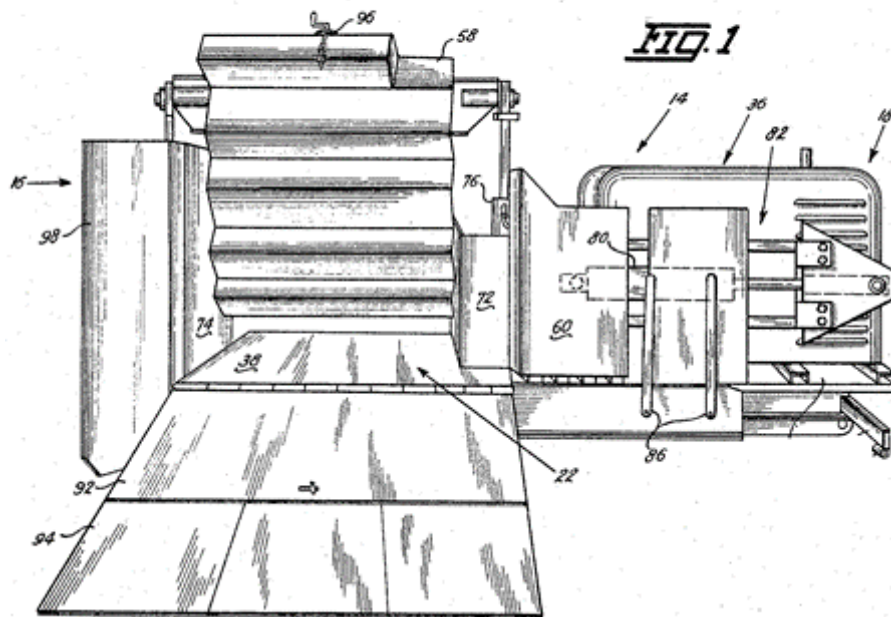
Masina alus või tugikonstruktsioon koosneb paarist paralleelsest I-talast, mis laotub nii eesmise kui ka tagumise otsa vahel. Mõlemalt poolt on tala kinnitatud liugliigendisse. Antud purustusmasina üks uudsus on see, et kogu komplekti on võimalik kergesti transportida tööpiirkonda. Transportimiseks on olemas vastavad konksud, mida on võimalik kinnitada veomasina külge. [8]

Masina põhikomponentideks on jõuallikas, rammimisseade ja vahend sõidukite liigutamiseks sisendipoolt väljundipoolle. Sõiduki liigutamiseks on kasutatud enamasti

vintsmehhanismi või konveiersüsteemi. Jõuallikana on kasutusel bensiinimootor, aga soovi korral on võimalik kasutada nii diiselmootorit kui ka elektrimootorit mootori pöörlemiskiirus on 3000 p/min ja pumba pöörlemiskiirus on 1800 p/min. Sellist jõudu kasutakse hüdropumba käivitamiseks. Masinat on võimalik juhtida ühe operaatori poolt. Masinal on kaks juhtimiskohta, mis on omavahel ühendatud. Omavahel on need ühendatud ainult mugavuse pärast, soovi korral on võimalik mõlemad juhtimiseadmed eraldada. Mõlemad juhtimiseadmed on varustatud neutraalse asendiga, mida saab mõjutada käe langetamise või tõstmisega. [8]

Antud purustusmasina poolt töödeldud sõidukid on muutnud sõidukite transpordi veoautodega majanduslikult otstarbekamaks Kui ühe veoautoga, mille veoseks on 18100 kg töödeldud utiliseeritud autosid, vedada 322 km kaugusele oleks veokuluks ühe auto kohta 1,83 eurot seega oleks veel 4,00 eurot kulutusi võimalik kasutada autode purustamiseks. Kuna üks operaator suudab tunnis 15 autot töödelda. Auto maksumus on 400 töötundi, mis on võrdne 5,00 euroga tunnis. Kütus ja hooldus läheb maksma 2,33 eurot auto kohta. See on vähem kui on 4,00 eurot, seega on võimalik teostada pikemaid vedusid ja jääda ikka kasumisse. [8]

Joonisel (joonis 5.) on näidatud ülevaade masina kaldtee sissepääsust, kujutatud purusti perspektiivvaade, toiteallikas ja purustushoob koos mitme vajaliku detailiga.



Joonis 5. Ameerika patenti US3266413A skeemid (14- purustusmasin, 18- tagumine ots, 22- sissepääsu külg, 36- jõuallikas, 38- platvorm, 50- vahend auto teisaldamiseks üle platvormi, 58- hüdrauliline hoob, 60- rammimisseade, 62- vintsimehhanism, 72- küljesein, 74- sein pool, 76- silinder, 80- tungraud, 86- peaventiilid, 92- hingedega kaldtee, 94- kaldtee pikendus, 96- kaabel, 98- juhtplaat). [8]

Antud sõidukite purustamiseks kasutatav masin on patenteeritud Ameerika Ühendriikide poolt. Kasutusel olev patent on eluaegne.

2.1.2. Patent US5655443A

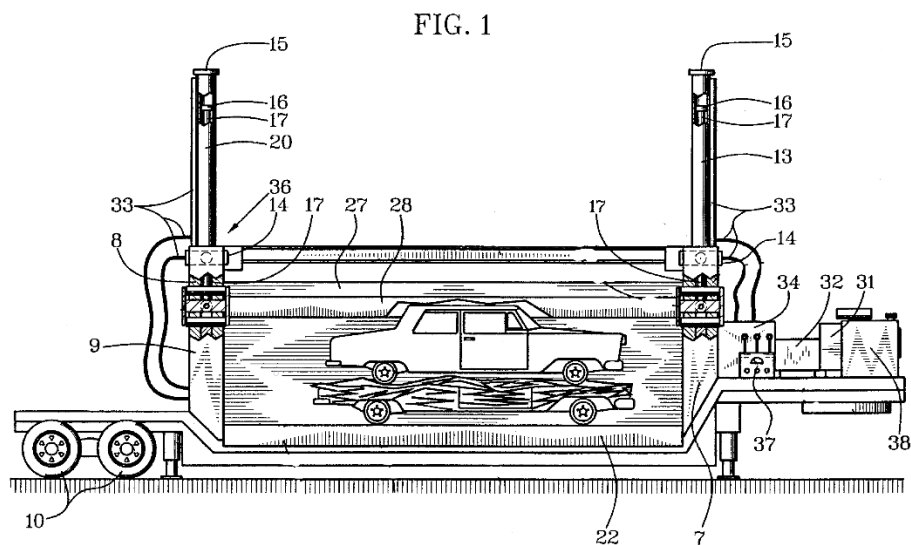
Antud leiutis käsitleb autopurustajaid, eriti selliseid autopurusteid mis on mobiilsed. Purustid kasutavad hüdraulilisi purustussilindreid kiireteks muutusteks aeglaste ja kiirete töörežiimide vahel. [9]

Üha enam suurenev autode tootmine ja kasutamine on suurendanud nõudlust mobiilsete autopurustite järele, mille efektiivsus oleks konkurentsivõimeline suurte autopurustitega. Suurenenud konkurentsivõime on muutnud majanduslikult vajalikuks arendada purustusmasinaid, mida on võimalik kiiresti ja mugavalt transportida soovitud kohta. [9]

Igal pool erinevates maailma paikades on välja mõeldud mitmeid erinevaid autopurusteid, aga pole teada, kas neil on võimalik kiiresti ja mugavalt muuta silindri töörežiime aeglaseks ja kiireks nagu on antud patendis kirjeldatud leiutisega võimalik. Antud leiutisega on võimalik muuta purustusmasin maanteeõiduks lubatud piiridesse lühikese aja ja vähese vaevaga. [9]

Antud leiutise eesmärk on pakkuda mobiilset autopurustit, mille töörežiime on kerge muuta nii aeglase kui ka kiire vahel. Purustusmasinal on kaks hüdrosilindrit, mõlemad paiknevad raskeveoki treileri eraldi otstes. Töörežiimi jaoks paikneb hüdrosilinder silindrijuhttapi ülemises osas. Sõidurežiimi jaoks paikneb hüdrosilinder silindrijuhttapi alumises osas. Mõlemad hüdrosilindrid on kinnitatud võlli alustele, mis omakorda on kinnitatud purusti mõlemasse otsa. Võllialusele rakendakse vertikaalsuunalist jõudu, mille tagajärjel toimub materjali purustamine.[9]

Hüdraulinepaigaldis, liigutab vedelike transporterite kaudu peaosadesse, surudes hüdraulilised kolvid alla, selleks et tõsta hüdrosilindreid või panna masin töörežiimi. Alumistesse piirkondesse suunatud hüdraulilised vedelikud tõstavad hüdraulilised kolvid purusti käitamiseks ülespoole, materjali vastuvõtmise suunas. Esisein on valikuline, aga kui see on paigaldatud, siis seda juhitakse fiksaatori hammasratta ja hüdraulika abil. Juhimisseadmete käitamiseks võib olla elektriallikana kasutusel mootor või mootori toimet töötav generaator või aku. [9]



Joonis 6. Ameerika Ühendriikide patent US5655443A skeem (7- eesmine silindrijuhttapp, 8- töörežiimi asendis hüdrocilinder, 9- tagumine silindrijuhttapp, 10- tagumised rehvid, 13- eesmine hüdrocilinder, 14- cilindri põhi, 15- cilindripea, 16- hüdrauliline kolb, 17- kolvivõll, 20- tagumine hüdrocilinder, 22- purusti põhi, 31- mootor, 32- pump, 33- vedeliku transporter, 34-survepaak, 37- juhtpaneel, 38- kütusepaak). [9]

Leiutise puhul on tegemist Ameerika Ühendriikidest pärit oleva patendiga.

2.1.3. Patent CN112206892A

Keskkonnareostus muutub üha enam ja enam tõsisemaks, seega riik pöörab üha rohkem tähelepanu keskkonnakaitsele, seega suureneb ka nõudlus prügiveoseadmete järele. Jäätmevarud töödeldakse ja nendest valmistakse erinevaid kasulikke tooteid. [10]

Ringlussevõetavate tahkete jäätmete puhul, mis sisaldavad enamasti metalli, kummi, plastmassi, puitu, paberit ja muid materjale. on kasutusel traditsiooniline ringlussevõtt. Ülalnimetatud materjalide purustamiseks kasutakse purusteid ja seejärel, kui on purustatud on vajalik materjali sõelumine. Purustamiseprotsess on tavaliselt sobilik rabedamate materjalide jaoks, purustajaga on võimalik seda jagada väiksemateks materjalideks, kuid

osade sitkemade materjalide korral ei ole purutsuefektid head, seega tuleb materjali purustamiseks seda mitmeid kordi purustada. [10]

Materjalide puhul nagu seda on puit, plastmass, kumm, metal ja paber on purustamisel energiatarbimine märkimisväärselt suur. Purustaja kasutab lõikamispõhimõtet. See on sobilik sitkemade materjalide jaoks. Kuna purustaja on sobilik sitkete materjalide jaoks, siis seetõttu on purustaja energiasäästlik ja keskkonnasõbralik seade, mille kasutusmäär on suurem. Tavaliselt olemasolevad purustajad kasutavad ühe horisontaalse võlliga purustajat. Kuid üheteljelise purustaja purustamiseefektid pole head ja purustatud osakeste suurus ei ole loodetud suurusega. [10]

Leiutis/masin käsitleb purustite valdkonda, eriti kallutatud purustit ja kasutusmeetodit. Käesoleva leiutise eesmärk on välja pakkuda kaldega kaheteljeline purustaja, mida on võimalik kasutada taaskasutatavate materjalide, nt. metall, kumm ja muude materjalide lõiketöötlamiseks. Materjali võtab vastu vertikaalse konstruktsiooniga šahtid. Lõiketöötlusprotsessi käigus materjal surutakse kokku purustusvõlliga, mis tõttu on purustamise efektiivsus ja purustamiseefekt paremaks muudetud. [10]

Selleks, et saavutada eelnevalt nimetatud tehnilised omadused tuleb saavutada käesoleva leiutise eesmärk järgmiselt: kalduskaheteljeline purustaja, mis koosneb esimesest ja teisest tugiraamist terve purustaja toetamiseks. Purustusseade on ühendatud kahe toiteseadmega, mis mõlemad on paigaldatud põhikasti konstruktsiooni mõlemale küljele, tagades vastava purustusjõu. [10]

Kahe võlliga purustusseade koosneb esimesest ja teisest peavõllist. Esimest peavõlli toetab tugiraami põhikonstruktsiooni külgsplaat ja lõikurivõlli kandev laagriiste. Lõikekettad on ühlaselt paigutatud töövõllidele. Teine peavõll on paigaldatud lõikuri töövõlli toetava külgsplaadi ülemisele küljele. Esimese ja teise peavõlli keskjooni ühendava joone ja vertikaalse suuna vaheline nurk on 10-20°. [10]

Nii esimene kui ka teine toitesead kasutavad mõlemad sama konstruktsiooni. Ühendatud vastavalt esimese ja teise peavõlliga. Toitesead koosneb fikseeritud vertikaalsest plaadist, mis paigaldakse esimese tugiraami ühendusplaadi külgsseinale ja vertikaalse plaadi välimine külgssein on fikseeritud sõrestiku toega Mootori väljund võll ühendatakse reduktoriga siduri kaudu ja väljundvõlli reduktor on ühenduses peavõlliga. Reduktor on fikseeritud põhikarbi struktuuri külgsseinale läbi äärikuistu. [10]

Tõukemehanism koosneb tõukekastist. Tõukurikasti sisse on paigaldatud tugevdatud vertikaalsed plaadid. Põhikasti struktuuri allosas on tühjendusseade. Väljalaskeseade sisaldab tühjenevat põhiplaati, mis koosneb ühtlaselt jagunenud vett läbilaskvatest aukudest. Materjali põhjaplaadi põhja on paigaldatud poltkonstruktsioon. [10]

Selleks, et kasutada kaldus topeltvõlliga purustajat tuleb järgida järnevaid meetodeid ja samme: [10]

- Sisendada mahakantud purustatud puidu, metalli, plastmassi, kummi, paberi ja muud jäätmed punkri sisemusse;
- Käivitada tõukemehhanism juhtida tõukekast läbi tõukesilindri ja lükata materjal topeltvõlli purustusseadme poole;
- Käivitada esimene ja teine jõuallikas ja juhtida esimest ja teist peavõlli läbi vastavate jõuseadmete;
- Seejärel, kui materjal on purustatud kukub see läbi väljalaskeava põhjaplaadile;
- Materjalide kogumiskasti täitumise järel käivitada tühjendusseade ja see järel juhtida tühjendamist vaha põhjaplaad läbi ukse ja laadida seejärel materjalid maha.

Antud leiutusel on alljärgnevad kasulikud mõjud: [10]

- Purustajat on võimalik kasutada tahkete jäätmete tõhusaks purustamiseks, parendades materjali purustamise efektiivsust ja purustamise kvaliteeti;
- Ülal nimetatud tõhusust ei taga ainult kahekordne võll vaid ka purustatava materjali loomulik kukumine, mis tagab stabiilsuse;
- Esimese ja teise tugiraamiga on võimalik kogu purustajat tõhusalt toetada ja sellega tagada purustaja stabiilsuse ja töökindluse kogu purustamisprotsessi ajal;
- Materjalide tühjendamist on võimalik teostada vastava tühjendusseadmega;
- Kaheteljelise struktuuriga purustusseadmes jäätmematerjalid purustatakse võlli järkjärgulise suhtelise liikumise abil;
- Tugiraami struktuuri kasutusele võtuga on võimalik toetada kaheteljelist purustusseadet.

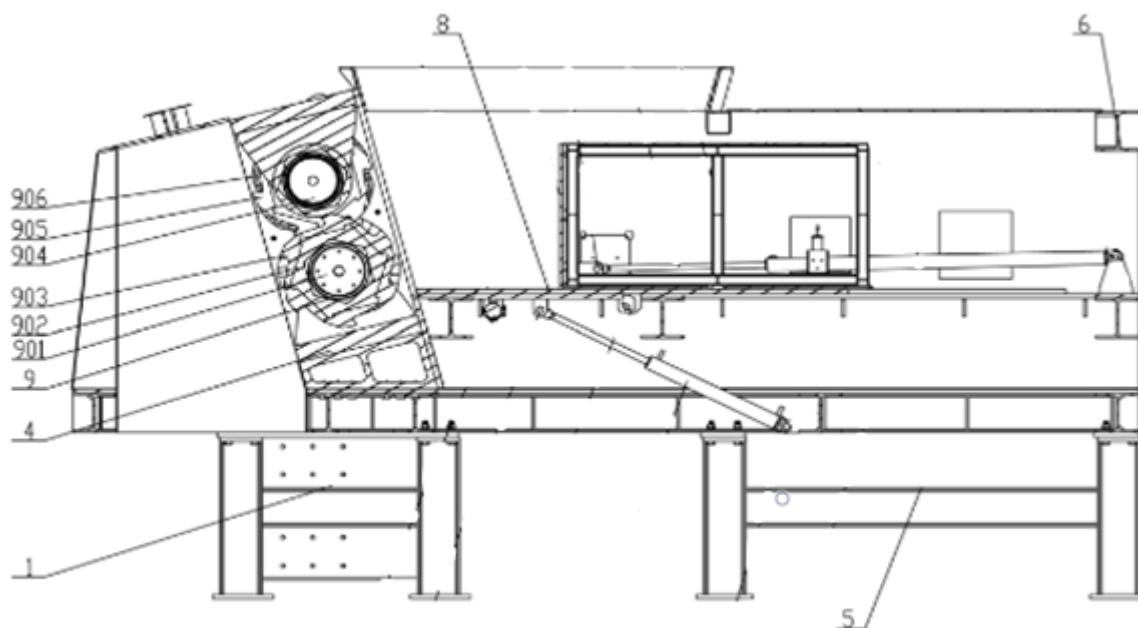


图 2

Joonis 7. Hiina patenti CN112206892A skeem (1- esimene tugiraam, 4- põhi kastistruktuur, 5- teine tugiraam, 6- sabakarbi struktuur, 8- tühjendusseade, 9- topeltvõlli purustusseade, 901- esimene peavõll, 902- esimene lõikepea, 903- esimene lõiketera, 904- teine peavõll, 905- teine lõiketera, 906- teine lõikepea). [10]

Antud patent on patendeeritud Hiinas.

2.2. Espacenet statistika uurimus

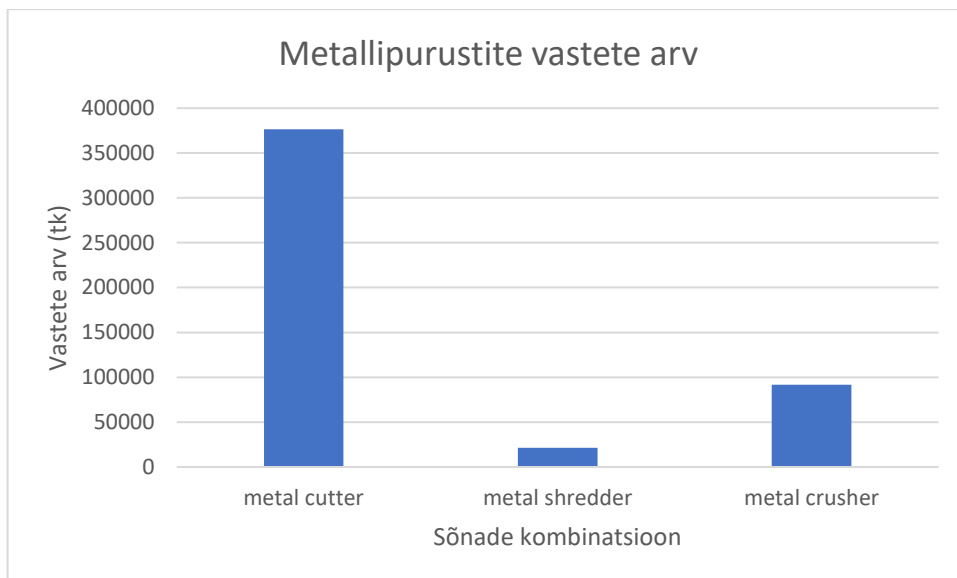
Antud uurimuse juures kasutati diagrammi põhist analüüsimeetodit. Aantud uurimuse põhimõtteks on uurida, millised on tulemused, kui sisestada otsingumootoris autopurustitega või metallipurustitega seotud sõnad. Tulemuste saamiseks oli vajalik vaadata, mitu erinevad vastet tuli kindlate sõnade kombinatsiooniga. Saadud vastete põhjal koostati illustratsioonid. Kõik otsingumootoris tehtud päringud on tehtud inglise keelsete sõnadega. Minimaalne sõnade arv, mida kasutati oli 2 sõna ja maksimaalne 3 sõna otsingu kohta. Esmalt oli vajalik uurida erinevaid sünonüüme, mida autopurustid kasutavad. Leides, et kõige rohkem kautakse sõnadeks “car”, “metal”, “shredder”, “cutter”, “vehicle”, “utilized” ja “crusher”. Ennem, kui kõik sõnade kombinatsioone proovima hakkati, väidab autor, et kui kasutada rohkem sõnu kombinatsioonis, siis tulemused on täpsemad ja saadud tulemuste arv on rohkem seotud antud teemaga.

Kasutades erinevaid sõnade kombinatsioone, uuriti millised olid erinevate kombinatsioonide vastete arv. Kasutades sõnade kombinatsiooni "*metal cutter*" oli kõige rohkem vasteid koguni oli vasteid kokku 376365, kuna antud patente kasutakse lisaks autodepurustamis masinate kohta ka erinevate metallipurustus masinate patentide jaoks, seetõttu on antud kombinatsioonil mitme kordselt rohkem vasteid kui teistele sõna kombinatsioonidele.

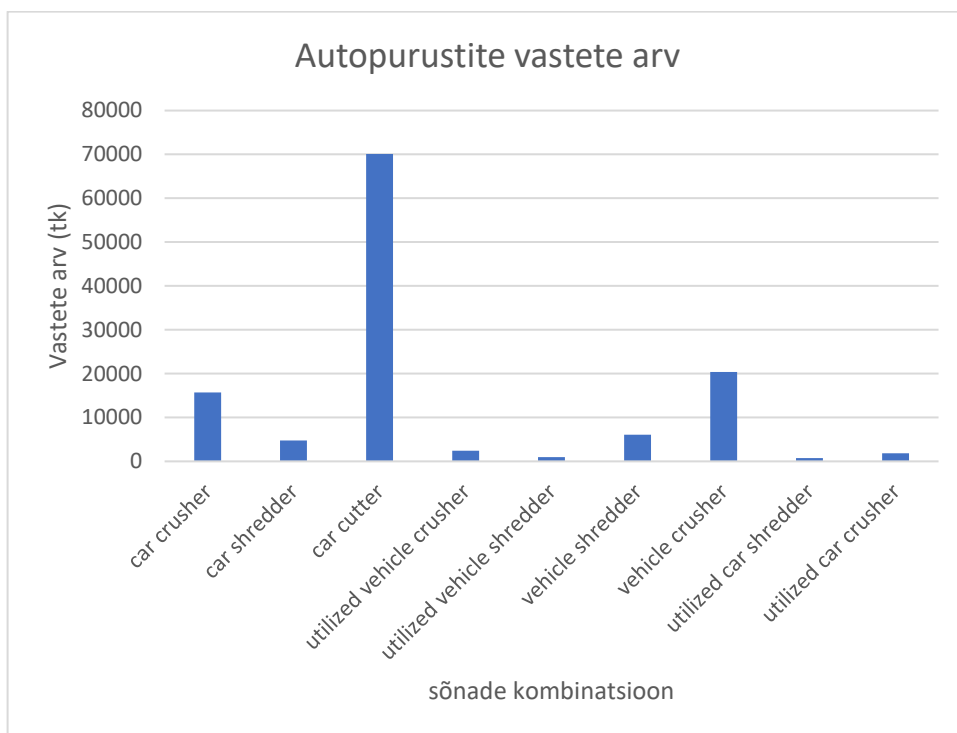
Kautades vähemalt 3 sõna kombinatsioone oli saadud vastete arv küll kõige väiksem, aga see eest ka kõige täpsem vaste. Näiteks "*utilized car shredder*" andis ainult 773 vastet. Kuna kasutatud oli vähemalt 3-e erinevat sõna, siis võimalus, et leitud patente seas leidub mingi muu töö jaoks mõeldud masina patent on minimaalne. 2 sõna kombinatsioonide tulemused on küll suurema tulemuste arvuga ja vähem täpsemad, kui seda on 3 sõna kombinatsiooniga, aga kui korralikult patente uurida leiab ka 2 sõnaliste kombinatsioonidega soovitud masina patente.

Antud uurimuses viidi läbi kasutades 9 erinevat sõnade kombinatsiooni, et välja selgitada millised on vasted autopurustite kohta. Lisaks sellele uuriti ka 3 erinevat sõna kombinatsiooni metallipurustite kohta. 9 erineva autopurusti kombinatsiooni keskmine vastete arv on 13678,3 vastet ja metallipurusti kohta oli keskmine vastete arv 163157,3, mis on peaaegu 12 korda suurem, kui seda on autopurustite vastete keskmine. Antud tulemuse erinevus tuleneb sellest, et metallide purustamiseks kasutatakse palju erinevaid purustitüüpe.

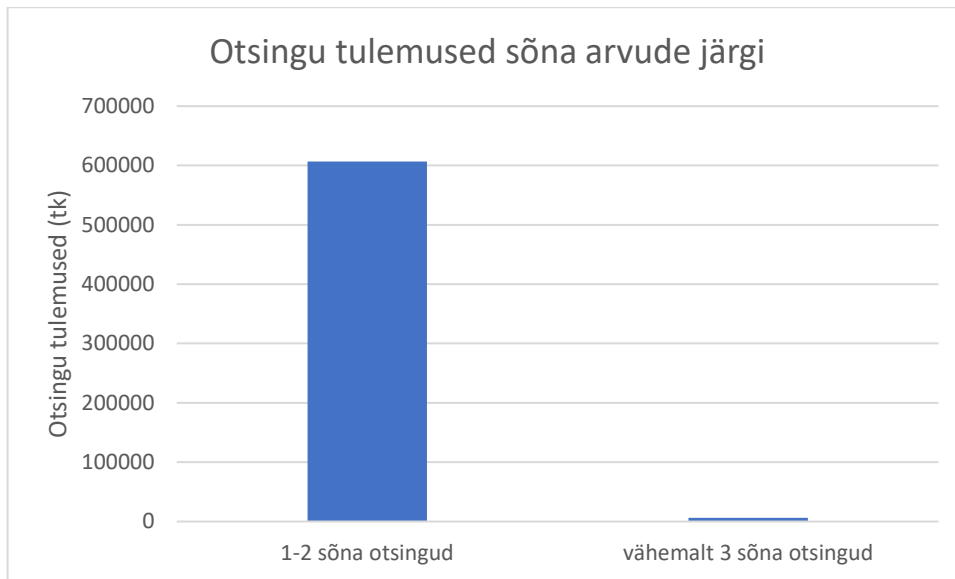
Metallipurustite uurimisel kasutati sõnade kombinatsioone "*metal cutter*" 376365 vastet, "*metal shredder*" 21331 vastet ja "*metal crusher*" 91776 vastete tulemused on graafikult võimalik vaadata (joonis 8.). Autopurustite vastete ledmisel kasutati järgnevaid kombinatsioone: "*car crusher*" 15730 vastet, "*car shredder*" 4791 vastet, "*car cutter*" 70094 vastet, "*vehicle shredder*" 6085 vastet, "*vehicle crusher*" 20415 vastet, "*utilized vehicle crusher*" 2431 vastet, "*utilized vehicle shredder*" 966 vastet, "*utilized car shredder*" 773 vastet ja "*utilized car crusher*" 1830 vastet (joonis 8.). Graafikult on võimalik vaadata, et kasutades vähemalt 3 sõna on vastete arv alla 3000 vaste, aga kasutdes ainul kahe sõna kombinatsiooni muutub vastete arv märkimisväärselt.



Joonis 8. Metallipurustite otsingu tulemuste arvud.



Joonis 9. Autopurudtite otsingu tulemuste arvud.



Joonis 10. Otsingu tulemused sõna arvude järgi.

Graafikutelt on näha (joonised 8. ja 9.), et metallipurustite puhul kasutatud sõnade kombinatsiooniga saadi märkimisväärselt rohkem patendi vasteid, kui seda on kasutades autopurustite vastete otsingul kasutatud sõna kombinatsioonide puhul. Graafikult on näha, et väide peab paika, kui kasutada vähemalt 3 erinevat sõna patendi uuringul on vastete arv väiksem, kui kasutada 1-2 sõna (joonis 10.). Teist väidet on raske tõestada, antud meetodiga, kuna, et saada teada kui täpselt on seotud antud teemaga vastav otsing tuleb läbi töödelda kõik saadud tulemused ja neid on autopurustite otsingu puhul üle 123000 vaste. Seega on vaja väga palju aega, et kõik üksik asjalikult läbi töödelda.

2.3 Olemasolevate seadmete uurimine

2.3.1. Autopurusti SHREDWELL MS seeria

Tegemist on autopurustajaga, mis purustab terve auto, mitte ainult autokere, see on väga hea valik kasutatud autode taaskasutustööstuses esmase autopurustajana. *Shredwell MS* seeria metallipurustajaid on erinevaid, madala kiiruse ja suure pöördemomendiga purustid mõeldud raua ja värviliste vanametallide mahu vähendamiseks ja taaskasutamiseks. *Shredwell MS* metallipurustajad kasutavad noasüsteemi, mis on valmistatud vastupidavast materjalist ja on kergesti vahetavate nugadega. Selle tulemusena saadakse puhas ja kiire lõikamine. Selle masina nugade ainulaadne struktuur võimaldab paremat eluiga, pakkudes üle sadade

tuhandete tonnide tööiga ja nuge on võimalik välja vahetada selleks, et säästa klientide hooldusaega ja kulusid. [11]

MS2400, MS1800 ja MS1600 spetsifikatsioonid on märgitud järgnevas tabelis (tabel 1.): [11]

Tabel 1. *Shredwell MS* seeria purustite spetsifikatsioonid [11]

Autopurusti	MS2400	MS1800	MS1600
Võimsus (kW)	110·2	75·2	45·2
Lõikeava suurus (mm)	2400·1800	1804·1410	1604·1360
Tera diameeter (mm)	200	750	560
Purusti dimensioonid (mm)	7300·2438·1046	5870·2450·3890	5260·2420·3890
Kaal (t)	56	25	22
Lõpp produkti suurus (mm)	50-200	50-150	50-150



Joonis 11. *Shredwell MS2400* autopurusti [11]

Antud autopurustite seeria eelised: [11]

- usaldusväärne võimsus;
- madalad energiakulud;

- hoolduskulud on väikesed;
- müratase madal;
- väljundvõimsus on suur;
- kasutab korralike Siemen/ABB/WEG mootoreid.

2.3.2. Autopurusti FRANZOI TF500

Franzoi TF500 on fikseeritud purustaja integreeritud ühte struktuuri. Tegemist on võimsa purustajaga metallsete materjalide purustamiseks. Kõik tarvilikud seadmed on masina põhjas. Tulemusena saadakse lihtsa ehituse, tõhus, vähe kohmakas ja enda valdkonnas aidulaadne seade. Märkimisväärselt suur lõikeava muudab esemete laadimisse masinasse lihtsamaks, antud seadmega on võimalik mitmeid erinevaid materjale töödelda nt: Autokered, külmikud, kodumasinad, plastid, rehvid jt. Lõikamisomaduste parendamiseks peale pikka tööd on purusti varustatud vahetavate hammastega ja kammidel kulumisvastaste plaatidega. *Franzoi TF 500-l* on sidemoodul, mis võimaldab juurdepääsu internetile. Seega on võimalik kontrollida igat parameetrit, aruandeid ja hooldust realajas. All järgnevalt on toodud *Franzoi TF500* spetsifikatsioonid: [12]

Tabel 2. Autopurusti Franzoi TF500 spetsifikatsioon [12]

Autopurusti	Franzoi TF500
Võimsus (kW)	370
lõikeava suurus (mm)	2100·1500
Kaal (t)	48
Purustus kiirused (RPM)	1-7
Pöörlemis kiirus (RPM)	1,45



Joonis 12. Franzoi TF500 autopurusti [12]

Franzoi TF500 autopurusti eelised: [12]

- integreeritud mootoriga;
- müratase madal, kuna rootorid töötavad madalatel kiirustel;
- vahetavad terad ja lõikega kammid;
- topeltkiirusega töötamine;
- suurepärase juurdepääsu hoolduseks;
- automaatne määrimiseseade;
- tolmu eemaldamine.

2.3.3. Autopurusti HAMMEL VB seeria

Antud toodangu väljalaskekonveier on meeletu, ligikaudu 5000 mm, andes sellega kliendile pärast purustamist veelgi rohkem ruumi materjali ladustamiseks. Uus kaasaegne disain on üks mitmetest muudatustest. Esmapurustit iseloomustab ennekõike viimase põlvkonna hüdroüsteemid. Antud hüdroüsteemid võimaldavad eelmise mudeliga võrreldes võllil suuremat nominaalset pöördemomenti. Mootori pöörlemiskiirus on madalamaks tehtud, seda kuni 1800 p/min. Seetõttu, et antud modifikatsioonid on autopurustile lisatud vähenes

müra märkimisväärselt. Antud firma purustil on hõlpsasti kasutatavad erinevad parameetrid nt. võlli pöörlemiskiirus ja tagasikäiguajam on kergesti reguleeritavad. Kõik veateated, mis kuvatakse on lihttekstina, seega on neist väga kerge arusaada. Antud firma universaalsed purustid on väga multifunktsionaalsed, nende abil on võimalik mitmeid erinevaid objekte purustada nt. puitu, suuremahulised olme- ja tööstusjäätmed, alumiiniprofiilid, autokered ja palju muid erinevaid objekte. [13]

All järgnevalt on toodud *Hammel VB 1500* spetsifikatsioonid ja *Hammel VB* seeria autopurustite eelised: [14]

Tabel 3. Autopurusti *Hammel VB 1500* spetsifikatsioon [14]

Autopurusti	<i>Hammel VB 1500</i>
Min tootlikus (t/h)	30
Max tootlikus (t/h)	300
Pöörlemis kiirus (RPM)	43
Kaal (t)	60



Joonis 13. *Hammel VB 1500* autopurusti. [14]

Hammel VB seeria eelised: [14]

- meeletult suur tootlikus autode töötlemisel;
- võimalik liigelda mööda rööbasteede süsteemide kaudu;
- parem materjalivarustus kaheks eraldiseisvaks jagatud kallutatava punkri abil;
- detailide kulumine on väga väike;
- madal energiakulu;
- madal müratase;
- detailid on väga vastupidavad;
- minimaalne tolmu tekkimine;
- suure jõudlusega.

2.4 Purusmasina lõikeketta lahendusettepanekud

2.4.1 Lahendusettepaneku tingimused

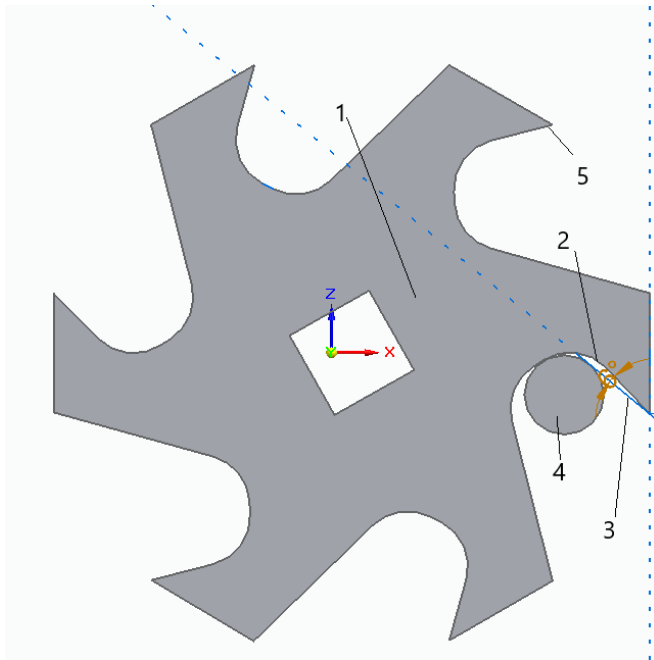
Purustusmasina lõikeketta puhul on oluline, et see oleks valmistatud tugevast materjalist. Kõikide lahendusettepanekute puhul kasutati materjaliks AISI D2 Cr12MoV (tabel 9.). Vajalik on, et puutuja ja lõiketera vaheline nurk oleks õige. Igal lahendusel muudeti teritusnurka. Paraleelseeteteradega kääridega lõikamisel on vaja, et jõud oleks lõikejoone pikkusega võrdne. Giljotiinikäärde puhul ülemine lõiketera moodustab puutujaga nurga $\alpha = 2...6^\circ$. [15]

Töökäik:

1. Pakkuda välja lehenudettepanekud
2. Hinnata lahendusettepanekuid
3. Purustusmasina purustusosise konstrueerimine

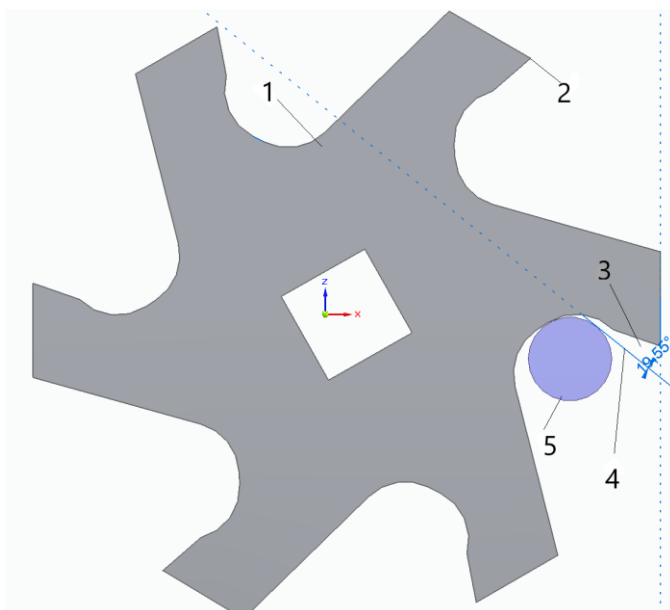
2.4.2 Lahendusettepanekute genereerimine

Esimene lahendus: 44 kraadise teritusnurgaga lõikeketas (joonis 14.). Antud lõikeketta puhul on tegemist lihtsa ehitusega lõikekettaga. Materjaliks kasutakse AISI D2 Cr12MoV. Puutuja ja tera vaheline nurk on väikene $\alpha = 6^\circ$. Tänu sellele, et kasutusel on tugev materjal ja puutujanurk on väikene on see tõhus variant utiliseeritud autode purustamiseks.



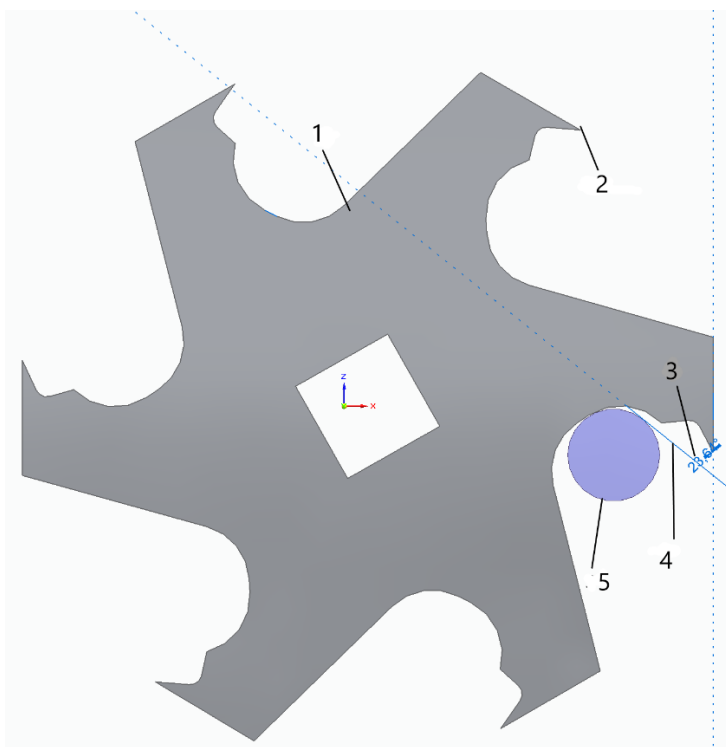
Joonis 14. 44 kraadise teritusnurgaga lõikeketas (1- lõikeketas, 2- puutujanurk alfa, 3- puutuja, 4- detail, 5- lõikehammas).

Teine lahendus: 71 kraadise teritusnurgaga lõikeketas (joonis 15.). Antud lahendus on sarnaselt esimesele lahendusele lihtsa ehitusega. Materjaliks on sama, mis on esimesel lahendusel. Lõikeketta materjaliks on AISI D2 Cr12MoV. Puutuja ja tera vaheline nurk on $\alpha = 19,55^\circ$, mida on suurem võrreldes esimese lahendusega. Kuna valmistamisel kulub materjali vähem võrreldes esimese lahendusega on see tõhus variant utiliseeritud sõidukite purustamiseks.



Joonis 15. 71 kraadise lõikehammaste nurgaga lõikeketas (1- lõikeketas, 2- lõikehammas, 3- puutujanurk alfa, 4- puutuja, 5- detail).

Kolmas lahendus: Lõikealale lisatud raadiusega lõikeketas (joonis 16.). Lahenudse puhul kasutati keerukama ehitusega varianti. Lõikealale lisati raadius, mis muutis teritusnurga palju väiksemaks. Antud lahendusel on teritusnurgaks 27° . Materjaliks on kasutusel nagu ka eelnevatel lahendustel AISI D2 Cr12MoV. Puutuja ja tera vaheline nurk sarnane teise lahenduse nurgale $\alpha = 23,61^\circ$. Teritusnurk on terav, see võimaldab materjali paremini läbistada, seega on antud lahendus tõhus variant utiliseeritud sõidukite purustamiseks.



Joonis 16. Lõikealale lisatud raadiusega lõikeketas (1- lõikeketas, 2- lõikehammas, 3- puutujanurk alfa, 4- puutuja, 5- detail).

Purustusmasina lõikeketta puhul olenevalt purustava detail asukohast on võimalik läbi viia 3 erinevat lõikemeetodit. Detailil toimub laastute lõikamine, kui detail asetseb lõikehamba ees. Olukorras, kus detail asetseb lõiketera keskel toimub giljotiinlõikamine ja olukorras, nagu seda on illustatsioonil (joonis 14.) kui detail asetseb lõikeketta raadiuses toimub käärlõikamise protsess.

2.4.3. Lahendusettepanekute hindamine

Hindamisel võeti aluseks jägmised kriteeriumid: puutuja ja tera vaheline nurk, maksumus, keerukus, materjal. Maskumusel kasutati tavalise autopurustuseks kasutava lõikeketta maskumust, lahenduste puhul arvestati ligikaudset kulu. Esmalt on vajalik leida punktid, mille leidmiseks kasutati lihtpunkthindamist (tabel 6.) seejärel teostati kaalutud punkthindamine (tabel 7.) kaalutud hindamise puhul võeti kriteeriumitele kaalutletud väärtused. Hindamsi tulemustena otsustati, milline lahendus on kõige optimaalsem. Enne hindama hakkamist, on vajalik teda algandmeid, mida saab hindamisel aluseks võtta. Algandmeid on näha tabelis 5.

Tabel 4. Hindeskaala

Tähendus	Punkte
Suurepärase, ideaalne	5
Väga hea	4
Hea	3
Rahuldav	2
Mitterahuldav	1
Puudulik	0

Tabel 5. Lõikeketta geomeetria kriteeriumid

Kriteerium	Lahendus		
	44 kraadise teitusnurgaga lõikeketas	71 kraadise teritusnurgaga lõikeketas	Lisatud raadiusega lõikeketas
Puutujanurk	Alfa= 6,00°	Alfa= 19,55°	Alfa =23,61°
Maksumus	380 €	320 €	420 €
Keerukus	Lihtsa ehitusega, kerge valmistada, kuna on võimalik laseriga väljalõigata, purunemisoht väike	Lihtsa ehitusega, kerge valmistada, kuna on võimalik laseriga väljalõigata, purnemisoht väike	keerulisema ehitusega, , kerge valmistada, kuna on võimalik laseriga, ohtlik, kuna teritusnurk on väike,siis võib kergesti puruneda
Materjal	Cr12MoV	Cr12MoV	Cr12MoV

Tabel 6. Lõikeketta lihtpunkthindamine. Hindamisskaala on tabelis 4.

Lahendus	Kriteeriumid				
	Nurk	Maksumus	Keerukus	Materjal	Punkte kokku

44 kraadise teitusnurgaga lõikeketas	5	4	4	5	18
71 kraadise teritusnurgaga lõikeketas	4	5	4	5	18
Lisatud raadiusega lõikeketas	3	3	4	5	15

Tabelist 6 on näha, et lihtpunkthindamise puhul olid kaks väärtust võrdsed, seega on vaja ka läbi viia intensiivhindamine, et leida parim lahendus.

Tabel 7. Lõikeketta intensiivhindamine. Kaalutletud väärtused: nurk- 0,5; masksumus- 0,1; keerukus- 0,2; materjal- 0,2

Lahendus	Kriteeriumid				
	Nurk	Maksumus	Keerukus	Materjal	Punkte kokku
44 kraadise teitusnurgaga lõikeketas	2,5	0,4	0,8	1	4,7
71 kraadise teritusnurgaga lõikeketas	2	0,5	0,8	1	4,3
Lisatud raadiusega lõikeketas	1,5	0,3	0,8	1	3,3

Intensiivhindamise tulemusena on näha, et väikeske punktilise erinevusega on parimaks lahenduseks lahendus 1 ja seega on lahendus 2. Kõige vähem punkte on lahendusel 3. Purustusmasina purustusorgani lõikeketta konstrueerimisel kasutati lahendusettepanekut 1.

3. TULEMUSED

3.1. Purustusmasina purustusosise konstrueerimine

Bakalaureusetöö eesmärgis püstitatud ülesandest tulenevalt, konstrueeriti purustusmasina purustusosis. Selleks kasutati *Solid Edge 2021* joonestustarkvara. Lõikeketta puhul kasutati lahendusettepaneku 1 lõikeketast, ja võll konstrueeriti vastavalt lõikekettale. Kasutati erinevatest allikatest saadud valemeid, et konstrueeritud puruorgani lõikeketta kohta teha ligilähedaseid tugevusarvutusi. Esmalt oli vajalik valida võllile ja lõikekettale materjal. Võllile valiti materjaliks legeeritud teras 42CrMoS4 AISI 4140. Lõikeketta materjaliks valiti teras AISI D2 Cr12MoV. Terast 42CrMoS4 AISI 4140 kasutakse autotööstustes ja masinaehituses rasksestikoormatud ja suurema läbimõõduga parendatud detailide valmistamiseks nt. võllid, hammasrattad jt. Terast AISI D2 Cr12MoV kasutatakse tugevate lõikeriistade valmistamisel. Alljärgnevas tabelites on näidatud antud teraste spetsifikatsioonid (tabel 8 ja 9.). [16-17]

Tabel 8. Legeeritud terase 42CrMoS4 AISI 4140 spetsifikatsioon: [16]

Tihedus (g/cm ³)	7,80
Normaliseerimine (°C)	840-880
Tõmbetugevus (N/mm ²)	800-950
Tugevus (Brinelli)	241
Kalestumine (°C)	820-860
Karastumine (°C)	540-680
Elastsusmoodul (10 ³ ·N/mm ²)	200

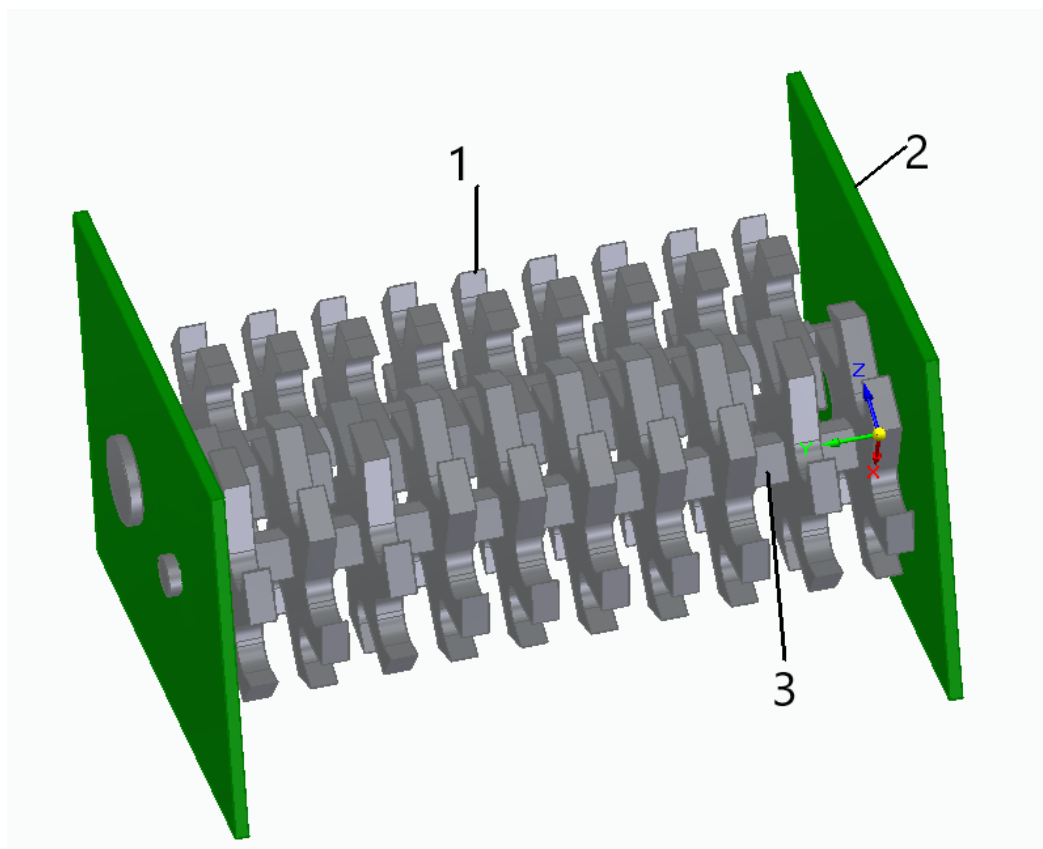
Tabel 9. Teras AISI D2 Cr12MoV spetsifikatsioon: [17]

Tihedus (g/cm ³)	7,85
Sulamistemperatuur (°C)	1421
Tõmbetugevus (N/mm ²)	800-950
Tugevus (Rockwelli)	62 HRC
Lõõmutamine (°C)	900
Karastumine (°C)	150
Elastsusmoodul (10 ³ ·N/mm ²)	190-210

Purustusmasina lõikeketaste projekteerimisel kasutati graafilist meetodit. *Solid Edge*'s modeleeriti eelnevalt vastava läbimõõduga purustusmasina töövõll, millele istati lõikekettad. Purustusosise töövõlli ja lõikeketta mõõtmed on märgitud tabelisse 10.

Tabel 10. Purustusmasina töövõlli ja lõikeketta mõõtmed

Mõõde	Suurus
Töövõll	
Diameeter, D (mm)	130
Pikkus, l (mm)	1500
Lõikeketas	
Välimine diameeter, D_v (mm)	600
Sisemine diameeter, D_s (mm)	130
Paksus (mm)	60
Hammaste arv (tk)	6



Joonis 17. Purustusmasina võllikonstruktsioon mudel (1- lõikeketas, 2-külg, 3-võll).

Konstrueeriti kahe töövõlliga purustusmasina purustusosis (joonis 17.).

3.2. Lõikeketta tugevusarvutused

Esmalt on vajalik leida lõikeketta lõikejõud F , kuna ristlõikepinna arvutamiseks on vaja spetsiaalseid arvutusi. Spetsiaalsete arvutuste jaoks kasutati kirjandus allikast võetud vastavat valemit (1) [18]. Arvutuste lihtsustamiseks eeldati, et purustusmasinas purustamiseks kasutati auto vääntvõlli. Vääntvõllipuhul eeldati, et lõikeala pikkuseks on 25 mm ja vääntvõlli pakuseks võeti 40 mm. Tugevusarvutuste jaoks on vajalik valida auto vääntvõllile materjal. Kõik arvutused on läbi viidud kasutades *Mathcad Prime 4.0* tarkvara.

Arvutustes kasutatud auto vääntvõlli materjaliks kasutati S620QL terast. QL antud terasel tähendab – terast on parendatud ja purustustöö on tagatud -40°C . Teras S620QL puhul on tegemist terasega, mis on omadustelt suure sitkus, habra purunemise ja vananemiskindel. Antud terast kasutakse masinaehituses raskkoormatud keevistes, kraana- ja sillakonstruktsioonides, autotööstuses vööliides, konveierid. Alljärgnevas tabelis on S620QL terase spetsifikatsioonid (tabel 11.). [19-20]

Tabel 11. Vääntvõlli terase S620QL spetsifikatsioon: [19]

Nominaalne paksus (mm)	3-100
Tõmbetugevus (N/mm^2)	700-890
Löögienergia 0°C juures (J)	50
Minimaalne voolavuspiir nominaal paksus 50-100 mm (N/mm^2)	580

Lõikeketta lõikejõu arvutamisel kasutati valemit (1): [18]

$$F = L \cdot S \cdot \tau_M = 25 \cdot 40 \cdot 934,08 = 934080 \text{ N} = 934,1 \text{ kN} \quad (1)$$

- Kus F - lõikejõud, N;
 L - lõikeala (ala, mida lõigati), mm;
 S - vääntvõlli paksus, mm;
 τ_M - nihketugevus, N/mm^2 .

Nihketugevuse arvutamisel kasutati S620QL terase tõmbetugevust. Antud materjali paksus oli 40 mm. Teada on, et 3-100 mm pakuse materjali puhul on tõmbetugevus 700-890

N/mm², siis kasutades võrde põhiomadust (2). Saadi 40 mm paksuse materjali puhul on materjali tõmbetugevuseks $R_M=778,4 \text{ N/mm}^2$.

$$R_M = R + \frac{S \cdot R_n}{h_n} = 700 + \frac{40 \cdot 190}{97} = 778,4 \frac{N}{mm^2} \quad (2)$$

Kus R_M - väntvõlli tõmbetugevus, N/mm²;
 R - tõmbetugevus, N/mm²;
 S - materjali paksus, mm;
 R_n - tõmbetugevuste vahe, N/mm²;
 h_n - materjali paksuste vahe, mm.

Teades, väntvõlli tõmbetugevuse on võimalik välja arvutada materjali nihketugevus. Nihketugevuse leidmiseks eeldati kirjandusallika põhjal, et tõmbetugevus ja nihketugevus on omavahelises seoses 1,1...1,3 antud seose leidmiseks kasutati tugevusnäitajate tabelit staatilise ja dünaamilise koormuse korral. [20]. Nihketugevuse leidmise korral kasutati seose keskmist väärtust, milleks on 1,2 see tuleb korrutada väntvõlli tõmbetugevusega, et leida nihketugevus. Teades nihketugevus, asendati valemis (4) puudu olev nihketugevus saadud arvuga. Tulemusena leiti löikeketta löiketugevus. Nihketugevuse arvutamiseks kasutati alljärgnevat valemit (3).

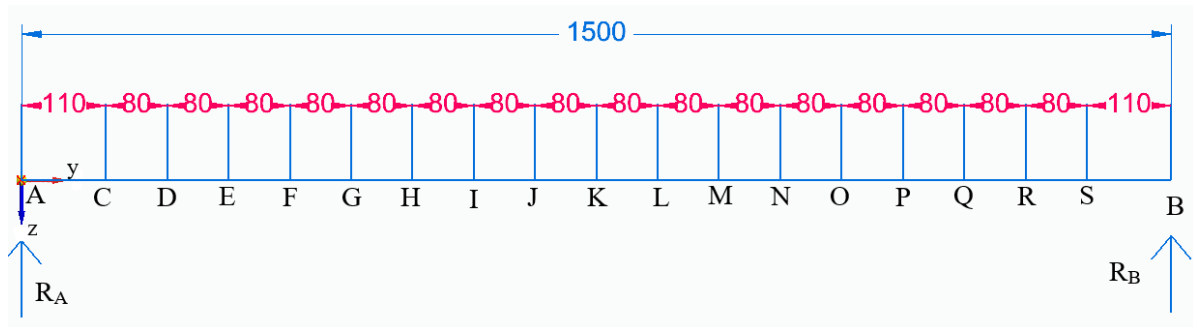
$$\tau_M = 1,2 \cdot R_M = 1,2 \cdot 778,4 = 934,08 \frac{N}{mm^2} \quad (3)$$

Kus R_M - väntvõlli tõmbetugevus, N/mm²;
 τ_M - nihketugevus, N/mm².

Teades, et löikeketta löikejõud on $F=934,1 \text{ kN}$ on võimalik välja arvutada töövõlli toereaktsioonid R_A ja R_B . Toereaktsioonid leidmise lihtsustamiseks valmistati toereaktsiooni illustratsioon (joonis 18.). Toereaktsiooni graafilist meetodit kasutati, et mõni arvutustes kasutavad koormus kasutamata ei jääks. Pindemomendtide arvutamiseks on vajalik leida toereaktsioonide väärtused. Teati, et $R_A=R_B$. R_A ja R_B väärtus leiti kasutades alljärgnevat valemit (4). [18]

$$R_A = R_B = \frac{(F \cdot a_C) + (F \cdot a_D) + \dots + (F \cdot a_n)}{l} = \frac{(934,08 \cdot 110) + (934,08 \cdot 190) + \dots + (934,08 \cdot 1390)}{1500} = 7940 \text{ kN} \quad (4)$$

- Kus R_A - punkti A toereaktsioon, kN;
 R_B - punkti B toereaktsioon, kN;
 l - purustusmasina võlli pikkus, mm;
 a_n - lõikeketta kaugus punktist A, mm.



Joonis 18. Võlli Toereaktsioonide skeem.

Paindemomentide arvutamiseks on vajalik teada R_A ja R_B väärtuseid, mis on eelnevatest arvutustest leitud. Paindemoment leitakse kasutades koormuse e. jõu ja jõuõla kauguse mõjuvast punktist korrutisena. On teada, et $M_A=M_B=0$ ja $R_A=R_B$. Selleks, et momenti arvutada kasutati alljärgnevat valemit (5): [21]

$$M = R_A \cdot b_n \quad (5)$$

- Kus M - paindemoment, kN·m;
 R_A - vastava punkti koormus, kN;
 b_n - jõuõla kaugus jõupunktist, m.

Kasutades vastavat valemit (5) leiame kõikide punktide painemomendid: [21]

$$M_A=M_B=0$$

$$M_C = R_A \cdot b_C = 7940 \text{ kN} \cdot 0,11 \text{ m} = 873,4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_D = R_A \cdot b_D = 7940 \text{ kN} \cdot 0,19 \text{ m} = 1509 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

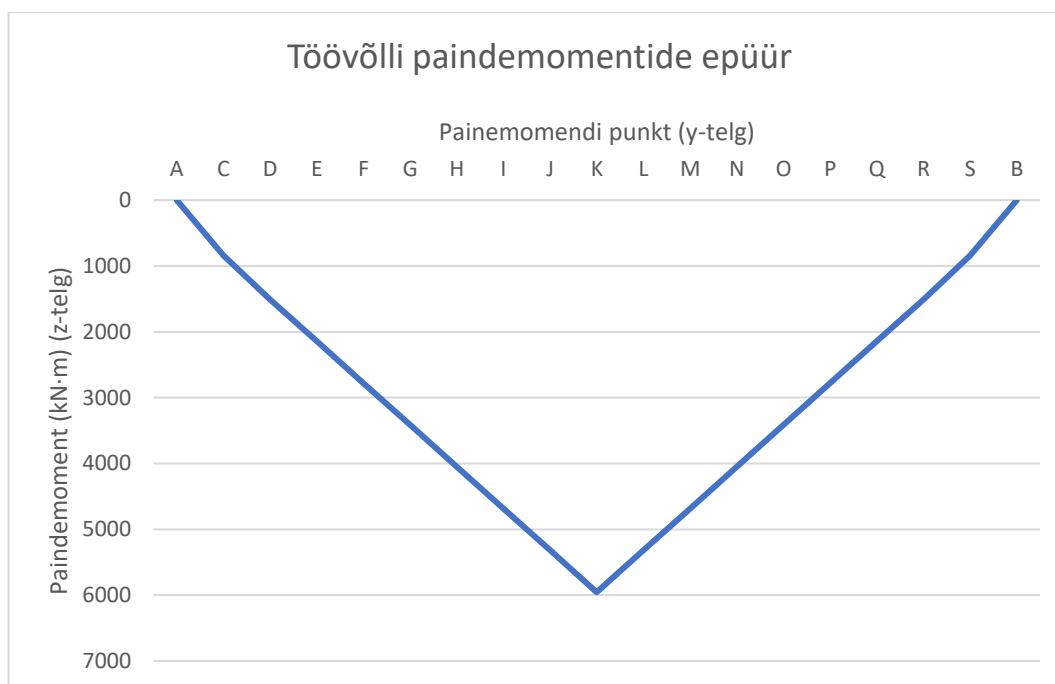
$$M_L = R_B \cdot b_L = 7940 \text{ kN} \cdot 0,67 \text{ m} = 5320 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_M = R_B \cdot b_M = 7940 \text{ kN} \cdot 0,59 \text{ m} = 4684 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Kõikide paindemomentide jaoks koostati tabel 12, kuhu pandi kirja kõikide paindemomentide tulemused. Kirja pandud tulemuste põhjal projitseeriti diagramm (joonis 19.), kus on näha, kuidas kasvab paindemoment poole töövõlli ulatuses ja seejärel langeb.

Tabel 12. Paindemomentide väärtused eripunktides ($M_A=M_B=0$)

Paindemomendi punkt	M_A	M_C	M_D	M_E	M_F	M_G	M_H	M_I	M_J	M_K
Paindemoment (kN·m)	0	837,4	1509	2144	2779	3414	4049	4684	5320	5955
Paindemomendi punkt	M_L	M_M	M_N	M_O	M_P	M_Q	M_R	M_S	M_B	
Paindemoment (kN·m)	5320	4684	4049	3414	2779	2144	1509	837,4	0	



Joonis 19. Purustusmasina töövõlli paindemomendid.

Illustratsiooni (joonis 19.) väärtuseid kasutades on näha, et töövõlli kõige suurem paindemoment on punktis K, kus paindemomendi väärtuseks on $M_K = 5955 \text{ kN}\cdot\text{m}$. K punkti jõu arvutamiseks kasutati alljärgnevat valemit (6). [18

$$F_K = \frac{(F \cdot 9)}{2} = 4203 \text{ kN} \quad (6)$$

Kus F_K - jõud K punktis, kN;

F - löikejõud, kN.

Lõikemomendi arvutamiseks kasutati löikejõu ja vastava jõuõla korrutist. Jõuõlg leiti kasutades seost. Eeldati, et löikeprotsessis on töös 4 löikeketast, löikeketta raadius ning lõikamisel võtab osa ühel löikekettal 1-1,5 löikehammast. Eeldati, et löikekettal võtab lõikamisest osa 1,3 löikehammast. Korrutades kõik oma vahel saadi, et jõuõla suuruseks on 1,56 m. Teada saades, et jõuõlg väärtuseks on $r=1,56$ m on võimalik arvutada lõikemoment, kasutades selleks järgnevat valemit (7). [18]

$$T = F \cdot r = 934,1 \cdot 1,56 = 1457000 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (7)$$

Kus T - lõikemoment, N·m;

F - löikejõud, kN;

r - jõuõla pikkus, m.

Teades lõikemomenti on võimalik arvutada, missugune võimsus on vajalik purustusmasina töövõlli käitamiseks. Lisaks lõikemomendile on vajalik ka nurkkiirus, eeldati, et nurkkiirus jääb vahemikku 0,2-0,6 rad/s. Arvutuste jaoks valiti keskmine nurkkiirus, mille väärtuseks on $\omega_1=0,4$ rad/s. Kasutades järgnevat valemit (8), arvutati millist võimsust on vaja, et saaks purustusmasinaga sõidukeid purustada

$$P = T \cdot \omega_1 = 1457000 \cdot 0,4 = 583 \text{ kW} \quad (8)$$

Kus T - lõikemoment, N·m;

ω_1 - nurkkiirus, rad/s;

P - võimsus, kW.

Purustusmasina töövõlli käitamiseks on vaja jõuallikat, mille võimsuseks on $P=583$ kW. Mootoriks valiti *Volvo Penta D13-800 IMO III* mootor. Antud mootor on piisva võimsusega, et käitada purustusmasina töövõlli. Eeldati, et vajalik oleks kahte sellist mootorit, kuna lisaks töövõlli käitamisele on vaja ka teistel purustusmasina osistel jõuallikat, nt. tühjendusseade, kompressor jt. Purustusmasina osised vajavad jõuallikat. Mootori *Volvo Penta D13-800 IMO III* spetsifikatsioonid on järgnevas tabelis 13. [22]

Tabel 13. Mootor *VolvoPenta D13-800 IMO III* spetsifikatsioon:

Võimsus (kW)	588
Pöörlemiskiirus (RPM)	2300
Nurkkiirus ω_2 (rad/s)	241

Teades jõuallika ja purustusmasina töövõlli nurkkiiruseid on võimalik välja arvutada, millise ülekandearvuga reduktorit on tarvis. Ajalise puuduse tõttu arvutakse antud töös ainult reduktori ülekandearv. Teati, et reduktori pöördemoment peab olema vastavuses purustusmasina töövõlli pöördemomendiga, mille väärtuseks on $T=T_{SV}= 1457000 \text{ N}\cdot\text{m}$. Hilisemad reduktori arvutsed on võimalik teostada magistriastmes, kasutades vastavaid kirjanduse allikaid. Reduktori ülekandearvu arvutamiseks kasutakse valemit (9).

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{241}{0,4} = 603 \quad (9)$$

Arvutustega leiti, et vaja on reduktorit, mille ülekandearv on 603 ja mis peab vastu pöördemomendile $T_{SV}= 1457000 \text{ N}\cdot\text{m}$.

KOKKUVÕTE

Antud teema on pidevalt aktuaalne, suure sõidukite tootlikuse tõttu on vaja pidevalt täiustada utiliseeritud sõidukite jaoks mõeldud purustusmasinaid. Töö eesmärgi saavutamiseks püstitati mitmeid ülesandeid. Bakalaureuse töö eesmärk oli teostada uurimustöö utiliseeritud sõidukite purustamiseks ettenähtud masinatest ja töömasina purustusosa konstruktsioonist

Töö esimeses osas uuriti lõiketeooriat. Palju erinevaid purustustüüpe on, aga enam kasutakse käärlõikamise põhimõttel toimivaid purusteid. Euroopas ja Eestis kasutatakse utiliseeritud sõidukite käsitlemiseks mitmesuguseid karme direktiive.

Uuriti olemasolvaid seadmeid ja patente. Üheks huvitavamaks purustiks on patent CN112206892A, kus võllid on paigutatud tavapärase horisontaalse asendi asemel paigutatud kaldus, see parendab efektiivsust ja muudab purustusefekti paremaks. Olemasolevate masinate puhul on huvitavaks purustiks *Hammel VB 1500*, millel on suur tootlikus ja võrreldes teiste purustitega on väljalaskekonveier meelestu.

EspaceNet'i statistika uurimuse tulemusena, oli märgata, et kui kasutada otsingus sõnade kombinatsioone, mis on seotud metalli purustusmasinatega saadi vähemalt 12 kordselt rohkem vastuseid, kui seda sai kasutades utiliseeritud sõidukite jaoks mõeldud purustite otsingul. Kui kasutada rohkem kui kolme sõna otsingul saadi vähem tulemusi, aga saadud tulemused olid märkimisväärselt täpsemad kui, kui kasutada 1-2 sõna.

Töö eesmärgi ülesandeks oli purustumasina purustusosa prototüübi konstrueerimine, selleks kasutati *Solid Edge 2021* joonestustarkvara. Lõikeketta leidmiseks viidi läbi lahendusettepanekute genereerimine. Konstruktsioonis kasutava lõikeketta puhul oli parim lahendusettepanek 1. Töövõll konstrueeriti vastavalt lõikekettal.

Töö arvutuslikus osas viidi läbi lõikeketta tugevusarvutused. Leiti, et lõikeketta lõikejõud on $F = 934,1 \text{ kN}$. Arvutati välja toeraktsiooni $R_A = R_B = 7940 \text{ kN}$. Lõikemomendi arvuatmiseks kasutati lõikejõu ja jõuõla omavahelist seost. Leiti, et Lõikmomendit väärtus on $T = 1457 \text{ kN} \cdot \text{m}$. Kasutades Lõikmomendi ja nurkkiiruse vahelist seost saadi, et purustusmasina töövõlli

käitamiseks on vaja 583 kW jõuallikat. Mootoriks valiti *VolvoPenta D13-800 IMO III*, mille võimsuseks on 588 kW

Kasutades erinevaid kirjandu allikaid on võimalik magistriastmes välja otsida sobilik reduktor, on teada, et reduktori ülekandearv on 603 ja vaja on reduktorit, mille pöördemoment on vähemalt 1457 kN·m

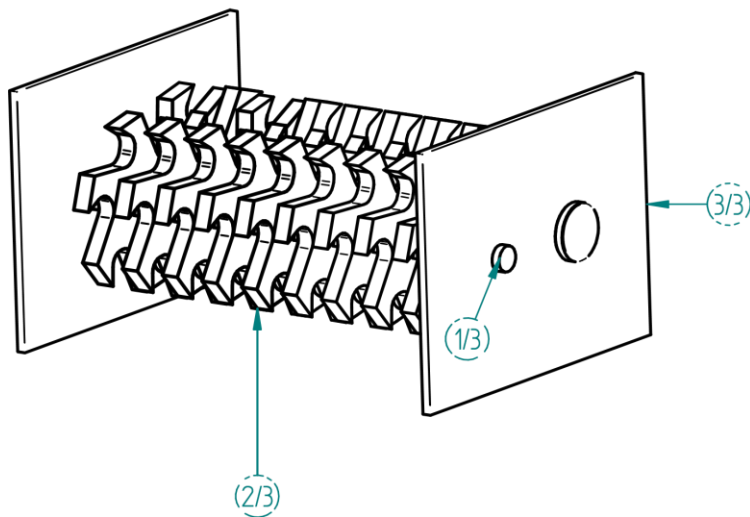
KASUTATUD KIRJANDUS

1. Keskkonnaministeerium. Romusõidukid. [veebileht] <https://www.envir.ee/et/romusoidukid> (10.04.2021)
2. Ministry of the environment. End-of-life vehicles. [veebileht] <https://www.envir.ee/en/end-life-vehicles-elv> (10.04.2021)
3. **Lucas, R., Schwartz, D.** (2001). End of life vehicle regulation in Germany and Europe – problems and perspective, lk 5-22.
4. ScienceDirect. Shredder. [veebileht] <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/shredder> (13.05.2021)
5. Custom part. Metal shearing. [veebileht] <https://www.custompartnet.com/wu/sheet-metal-shearing> (27.04.2021)
6. **Gustafsson, E.** (2013) Experiments on sheet metal shearing, lk 3-6.
7. Wikipedia. EspaceNet. [veebileht] <https://en.wikipedia.org/wiki/Espacenet> (02.05.2021)
8. EspaceNet. US3266413A. [veebileht] <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/023753489/publication/US3266413A?q=US3266413A> (18.04.2021)
9. EspaceNet. US5655443A [veebileht] <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/024594233/publication/US5655443A?q=US5655443A> (18.04.2021)
10. EspaceNet. CN112206892A. [veebileht] <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/074049179/publication/CN112206892A?q=CN112206892A> (19.04.2021)
11. Shredwell-recycling. Metal Shredder. [veebileht] https://www.shredwell-recycling.com/product-items/metal-shredder/?gclid=CjwKCAiAwrf-BRA9EiwAUWwKXhtIsKIFgXJS4T456S5dYIx2c6Xk1zjV59QNkgCtnwmnsUKkkgg2rkxoCKS8QAvD_BwE (09.04.2021)
12. Franzoi. Car shredder TF500. [veebileht] <https://www.franzoisrl.com/en/car-shredder-tf500/index.html> (09.04.2021)
13. Hammel. RED GIANT. [veebileht] <https://www.hammel.de/index.php/en/aktuelles-8/pressemeldungen/275-hammel-recyclingtechnik-gmbh-presents-red-giant-in-a-new-version> (10.09.2021)

14. Hammel. Products. [veebileht] <https://www.hammel.de/index.php/en/products/vorbrecher> (10.09.2021)
15. **Kulu, P., Kübarsepp, J., Laansoo, A., Veinthal, R.** (2015). Materjalitehnika II, lk 81-82.
16. Htsteelmill. AISI 4140 Alloy Steel. [veebileht] http://www.htsteelmill.com/mat-no-1-7227-din-42crmos4-aisi-4140.html?gclid=CjwKCAjwnPOEBhA0EiwA609ReRYRcPb7at0GZiHoMYL7admRPVR1koT1JnT8ZzR4PjIIsuLysyk6GRoCT-8QAvD_BwE (05.16.2021)
17. Otainsteel. D2 Tool Steel. [veebileht] <https://www.otaisteel.com/products/d2-tool-steel-1-2379/> (15.05.2021)
18. **Babu, U. H., Rathnam, A.V.** (2017) Optimal design and analysis of twin shaft shredder - INTERNATIONAL JOURNAL OF RESEARCH AND INNOVATION, nr 4, lk 805-807.
19. Steelnumber. S620QL. [veebileht] http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=49 (15.05.2021)
20. **Herranen, H., Karjust, K., Kers, J., Krustok, J., Kulu, P., Käerdi, H., Laansoo, A., Lend, H., Otto, T., Pödra, P., Riives, J., Saarna, M., Sergejev, F., Tiidemann, T., Veinthal, R. (tõlkijad)** (2012) Mehhanotehnika ja metallide käsiraamat, lk 44, 128.
21. **Kumar, T.R.H., Kumar, I.M.S.** (2015). Design and development of agricultural waste shredder machine - IJSET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology nr 2, lk 164-170.
22. VolvoPenta. D13 IMO III. [veebileht] <https://www.volvopenta.com/marine/products/inboard-shaft/inboard-shaft-engine-range/d13-imo-iii/> (27.05.2021)

LISAD

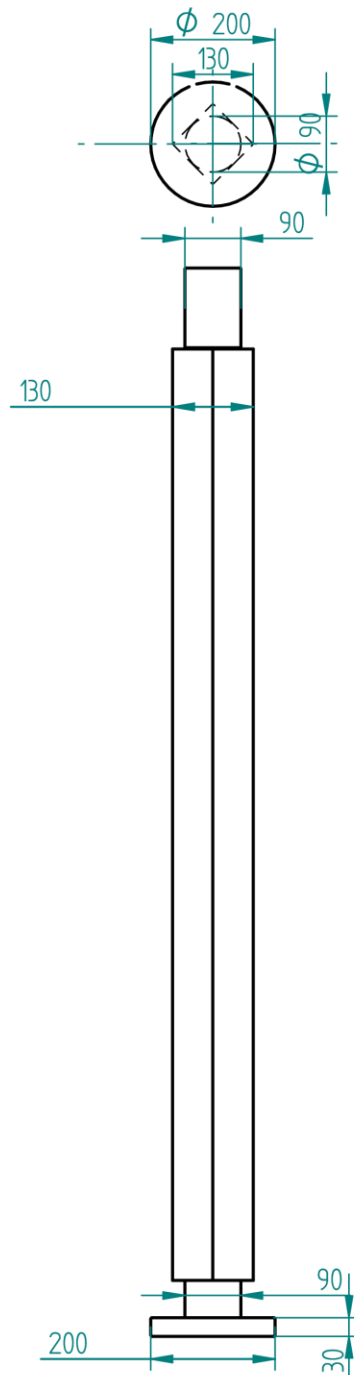
Lisa 1. Tehnilised joonised



3	Kõlg, X2CrNiMo 17-12-2	2	
2	Lõikeketas, AISI D2 Cr12MoV	19	
1	Võll, 42CrMoS4 AISI 4140	2	
Osa	Nimetus, materjal	Hulk	Märkus

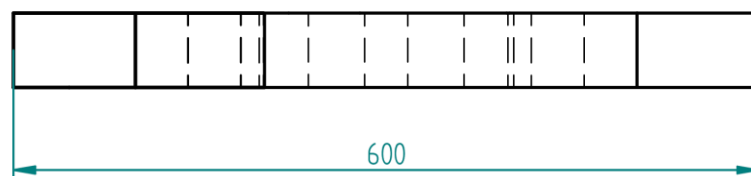
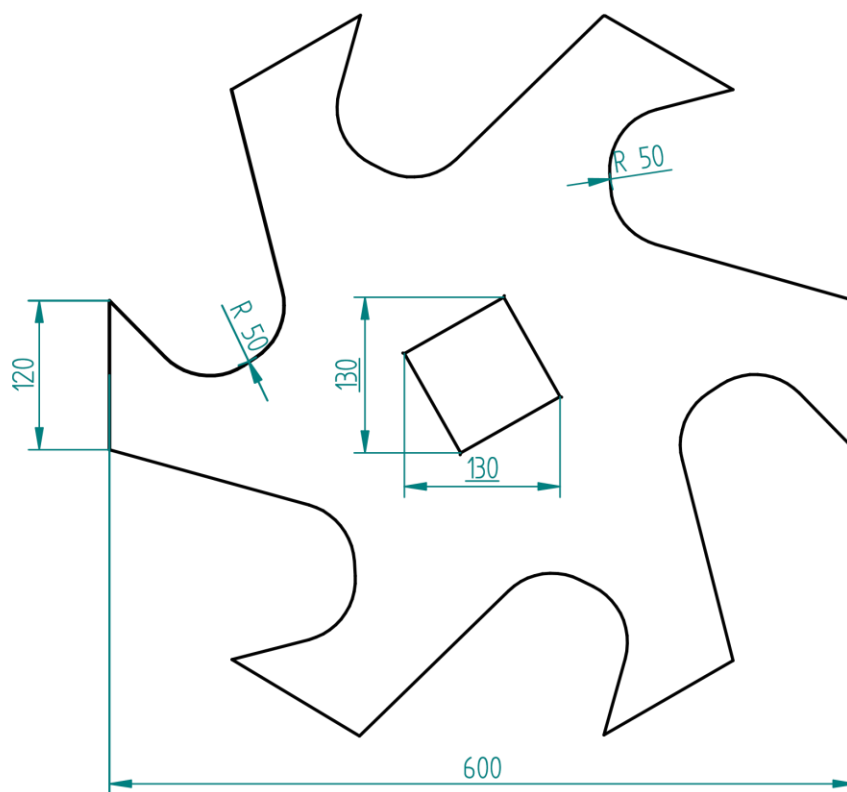
	Materjal: steel	Näitamata piirhalded: ISO 2768 - mK	Mass: 2,3t	Mõõt: 1:20
Teostas	Magnus Kuusik	Nimetus: Purustusmasina purustusorgan		
Kontrollis	Lemmik Käis			
Kinnitas				
EMÜ-TI		Leht: 1/4	Tähis: TA 21/161123 A 01 01 K	

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



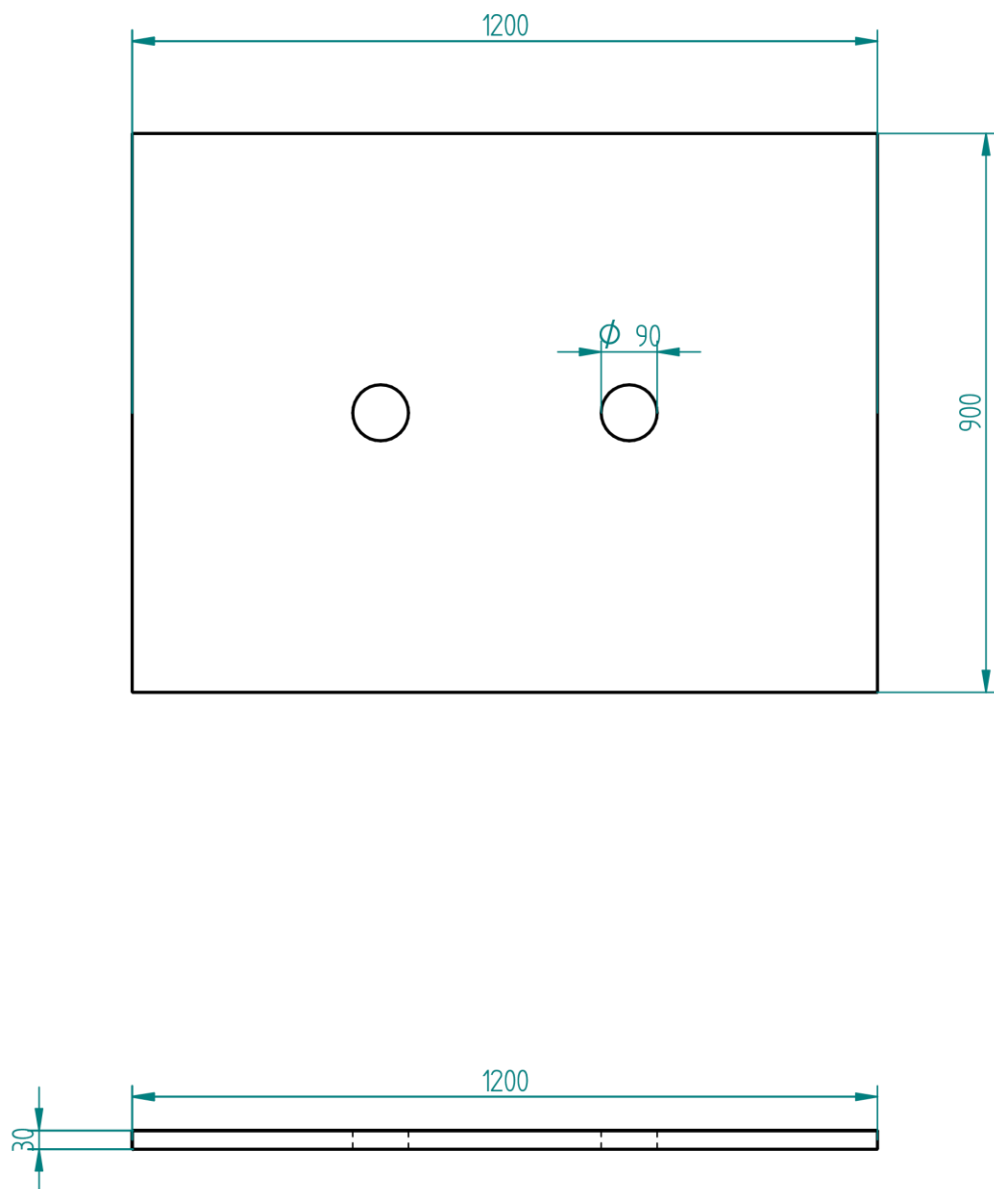
	Materjal: 42CrMoS4 AISI 4140	Näitamata piirhälbed: ISO 2768 - mK	Mass: 170kg	Mõõt: 1:10
Teostas	Magnus Kuusik	Nimetus: Purustusmasina võll		
Kontrollis	Lemmik Käis			
Kinnitas				
EMÜ-TI		Leht: 2/4	Tähis: TA 21/161123 A 01 01 D	


SOLID EDGE ACADEMIC COPY



	Materjal: AISI D2 Cr12MoV	Näitamata piirhälbed: ISO 2768 - mK	Mass: 76kg	Mõõt: 1:5
Teostas	Magnus Kuusik	Nimetus: Lõikeketas		
Kontrollis	Lemmik Käis			
Kinnitas				
EMÜ-TI		Leht: 3/4	Tähis: TA 21/161123 A 01 02 D	

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



	Materjal: X2CrNiMo 17-12-2	Näitamata piirhälbed: ISO 2768 - mK	Mass: 260kg	Mõõt: 1:10
Teostas	Magnus Kuusik	Nimetus: Küljeplaat		
Kontrollis	Lemmik Käis			
Kinnitas				
EMÜ-TI		Leht: 4/4	Tähis: TA 21/161123 A 01 03 D	

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Magnus Kuusik,

(sünnipäev 10/09/1998 39809102721)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö
Utiliseeritud sõidukite hävitamiseks kasutatavate metallipurustite uurimus,
mille juhendaja on Lemmik Käis, MSc

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks
kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega
isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

allkiri

Tartu, 27.05.2021

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)